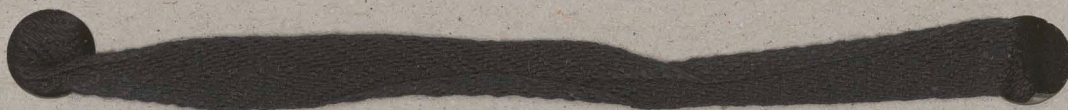


9367

Bibl. Jag.

IV







9367  
IV

M. Smoluchowski

Grundriss d. Koagulationskinetik...



im

geriss

zahlr

viel h

recht

urbe

kinet

gebun

D

haben

1).

(20. ~~10.~~

Eröf

und

Resu

Dispo

nur

2).

man

Koag

der

J. N.

R. Z.



eingegangen 17. Juli 1917

Bibl. Jag.

132/53

# Grundriss der Koagulationskinetik Kolloider Lösungen.

[82]

Kolloid-Zeit.

1917 598-104

Theodor Steinkopff

19. 7. 12

N. v. Smoluchowski (Wien)

## I.

Im Nachstehenden soll auf Anregung der gelehrten Schriftleitung ein Überblick über eine mathematische Theorie der Koagulation gegeben werden, welche ich im Anschluss an gewisse, weiterhin zu besprechende Untersuchungen Zeigmondy's ausgearbeitet habe. Die zahlreichen bisherigen Experimental-Untersuchungen über Koagulationskinetik haben zwar viel interessantes Versuchsmaterial zu Tage gefördert, doch ist es trotz aller Bemühungen nicht recht gelungen, in denselben allgemeine Gesetzmäßigkeiten aufzufinden, welche den Koagulationsverlauf rein phänomenologisch nach Analogie mit den Gleichungen der chemischen Reaktionskinetik darstellen und über die Art des eigentlichen Mechanismus der Koagulation Aufschluss geben würden.

Dies rührt vor allem von zwei Umständen her, die man bisher zu wenig beachtet zu haben scheint:

1. Der Koagulationsverlauf lässt sich gar nicht mittels einer einzigen Variablen (~~z. B. Zeit~~ <sup>(20. Zahl der Kolloidteilchen)</sup> darstellen, indem im Allgemeinen alle möglichen Größen-Kategorien von Kolloidteilchen und von koagulierten Aggregaten gleichzeitig vorhanden sind und der Koagulationsvorgang auf deren kombinierter Wechselwirkung beruht. Vergleichbare Resultate sind also nur für solche Lösungen zu erwarten, welche anfänglich ganz analoge Dispersitätszusammensetzung aufweisen, und ~~einfache~~ <sup>einfache</sup> Gesetzmäßigkeiten dürften sich nur dann zu erkennen geben, wenn die Ausgangslösung ganz homogen ~~ist~~ <sup>ist</sup>.
2. Es gibt gar kein eindeutiges "Start der Koagulation", indem sämtliche Größen, die man hierfür ansuchen pflegt, (20. Zähigkeit, Tyndall-Effekt, Menge des abcheidbaren Koagulums) in teilweise sehr verwickelter Weise von den Anzahlen, der Größe, Gestalt der verschiedenen Kolloidteilchen und Aggregate abhängen. Man kann ebenso wenig erwarten,

<sup>1)</sup> N. v. Smoluchowski, Phys. Zeitschr. 17, 557, 585, (1916); Zeitschr. f. phys. Chem. 92, 129 (1917);

R. Zeigmondy, Sitt. Nachr. 1917, 1.







für jene Erörterung allgemeine kinetische Gesetze zu finden, wie z.B. für die zeitliche Änderung des Dampfdruckes oder der Zähigkeit eines Gemisches mehrerer gegenseitig reagierender Substanzen. Einfache Gesetzmäßigkeiten bestehen in letzterem Falle nur für die zeitlichen Änderungen der Molekülzahlen. Ebenso sind bei der Koagulation nur für die zeitlichen Änderungen der ~~Anzahl~~ <sup>von</sup> Teilchen bestimmter Gattungen relativ einfache Gesetze zu erhoffen, nicht aber für die von denselben abhängenden Veränderungen der physikalischen Eigenschaften des gesamten Systems.

Direkt theoretisch verwertbar wäre somit von dem bisherigen Versuchsmaterial nur jenes, welches durch die von Zigmondy an Goldlösungen ausgebildete und in letzter Zeit noch vervollkommnete Methode der Teilchenzählungen gewonnen wurde, was angesichts der Schwierigkeit und beschränkten Anwendbarkeit derselben eine unbedeutende Einschränkung zu bedeuten scheint. Doch wird sich späterhin zeigen, dass auch die indirekten, in der Anwendung so begrenzten Methoden der Viskositätsmessung u. dergl. eine wichtige Rolle spielen können, wenn man nur bei der Deutung ihrer Resultate die obigen Gesichtspunkte gebührend im Auge hält.

Die im Folgenden darzustellende Theorie bezieht sich auf den theoretisch einfachsten Fall: wo man es mit einer ursprünglich aus ganz gleichartigen Teilchen bestehenden Lösung zu tun hat. Sie ist nicht aus einer Zusammenfassung empirischen Beobachtungsmaterials hervorgegangen, sondern aus mathematischen Überlegungen betriffs des Mechanismus der Koagulation, welche ich in näherer Ausführung einer mir von Zigmondy brieflich vorgeschlagenen Vorstellungsweise ~~an~~ auf theoretischem Wege entwickelt habe.

Dass die Teilchen einer stabilen kolloidalen Lösung nicht koagulieren, rührt offenbar von gewissen Abstoßungskräften her, welche bei gegenseitiger unmittelbarer Annäherung derselben merklich werden und mit einer Schuttschichtung ihrer elektrischen Doppelschichten zusammenhängen scheinen. Die Existenz dieser <sup>zuerst</sup> (von Svedberg und Westgren vermuteten) Abstoßungskräfte ist insbesondere durch die Arbeiten von Perrin und Costantin an Summiggut-Emulsionen \*) ~~stark~~ <sup>ist speziell</sup> bewiesen worden, und <sup>(17 facher)</sup> (in jenen Versuchen eine Wirkungssphäre von der Größe des Teilchen durchmessers (60  $\mu$ ) festgestellt worden.

Wird nun die Lösung mit immer größeren Elektrolytmengen versetzt, so verringert sich das Doppelschicht-Potential. Bei einem bestimmten Schwellenwert (Schwellenwert) wird die Stabilitäts-

\*) J. Perrin, Compt. R. 158, 1168 (1914), R. Costantin, Compt. R. 158, 1171, 1341 (1914)







grenze überschritten und nun tritt eine Koagulations-tendenz auf, welche rasch wächst, wenn der Elektrolytgehalt größer wird. Das heisst, dass die Schutzwirkung der Doppelschichtladung durch den Elektrolyten teilweise aufgehoben wird oder besser gesagt: dass die Störung einer Ausdehnungswirkung Platz macht.

Bei grösseren Konzentrationen treten bekanntlich unter Umständen auch Umladungen der Doppelschicht ein. Das ganz allgemein gibt es aber nach Zsigmondy ein relativ ausgedehntes Konzentrationsgebiet — in der Umgebung des isoelektrischen Punktes — welchem ein Maximumwert der Koagulationsgeschwindigkeit entspricht.

So beobachtete z.B. Zsigmondy den Zeitpunkt  $t$ , wo in einer ursprünglich hochverdünn. Goldlösung nach Zusatz von  $\text{NaCl}$ -Lösung ein durch violettrote Färbung charakterisierter Koagulationszustand eintritt, und fand hierbei folgende zusammengehörige Werte:

$\text{NaCl}$	0.5	1.0	2.0	5	7.5	10	15	20	30	50 $\text{cm}^3$
$t$	150	12	7.2	7	6.5	7	6	6.7	7.5	7 Sek.

Ebenso instruktiv sind folgende, in einem andern Falle, bei Vermischung von  $\text{SrCl}_2$ -Lösung, erhaltenen Zahlen:

$\text{SrCl}_2$	0.1	0.166	0.25	0.5	1.0	2.5	5.0 $\text{cm}^3$
$t$	77	10	4.5	2.5	2.5	2.5	2.25 Sek.

Bei Goldlösungen bewirken also alle möglichen Elektrolytkonzentrationen, von gewissen Werten aufwärts, immer einen und denselben „raschen“ Koagulationsverlauf. Sehr wichtig ist auch die von Zsigmondy und Reitstötter erwiesene Tatsache, dass diese Maximumwerte der Koagulationsgeschwindigkeit sich als unabhängig von der Art des angewendeten Elektrolyten erweisen.

Diese Tatsachen bilden die Begründung der Zsigmondy'schen Auffassungswelse, derzufolge das weiter hin kurz als „rasche Koagulation“ zu bezeichnende Maximum der Koagulationsgeschwindigkeit einer vollständigen Entladung der Doppelschicht entspricht und davon herrührt, dass hierbei die Ausdehnungssphären der Teilchen am stärksten ausgebildet sind. Diese Auffassungswelse führt naturgemäss dazu, folgendes Schema der „raschen Koagulation“ zu entwerfen:

Wir denken uns, von dem Zeitpunkt an, wo der Elektrolyt zugesetzt wurde, ein jedes Teilchen mit einer Ausdehnungssphäre vom Radius  $R$  umgeben, innerhalb deren eine so heftige Ausdehnung herrscht, dass ein jedes andere derartige Teilchen darin festgehalten wird und eine unlösliche Verbindung mit dem erstem eingeht, sobald sein Mittelpunkt in jene Sphäre hinein gerät.

Im ersten Moment ist die Anzahl der Paare von Teilchen, deren Mittelpunkte zufällig gerade

<sup>\*)</sup> Siehe Zsigmondy loc. cit.







im kleineren Entfernung von einander besitzen als  $R$ , nur verschieden dem Klein, aber die Brown'sche Bewegung bringt die Teilchen im Laufe der Zeit in alle möglichen Konstellationen, also auch in jene, welche ein Aneinanderhaften derselben verursachen, und so kommt infolge Brown'scher Bewegung und der Existenz der Ausdehnungssphären eine irreversibel fortschreitende Koagulation zustande. Wichtig ist dabei der Umstand, dass wie Svedberg <sup>\*)</sup> neuerzeit nachgewiesen hat, die Intensität der Brown'schen Bewegung durch den Elektrolytenzusatz direkt nicht merklich beeinflusst wird, sondern erst sekundär, infolge der Bildung größerer Aggregate, eine Änderung erleidet.

Diese Auffassungsweise des Koagulationsvorganges ist eigentlich nur als eine sehr ungenügende Hypothetisches enthaltende Umschreibung der Tatsachen anzusehen, welche den Vorteil bietet, dass sie eine mathematische Formulierung der Koagulationskinetik ermöglicht, während sie die weiteren Fragen nach der Art der Ausdehnungskräfte, der Struktur der Doppelschicht, nach dem Zusammenhang derselben mit Natur und Zahl der Ionen u. s. v. einstweilen ganz unberührt lässt und deren exakte Lösung späteren Untersuchungen vorbehält. Eine gewisse Idealisierung besteht wohl in der Annahme einer scharfen Abgrenzung der Wirkungssphäre und der unbedingten Wirksamkeit derselben, während in Wirklichkeit allmähliche Übergänge stattfinden, doch dürfte jene <sup>hier</sup> vereinfachende Annahme gewiss ebenso berechtigt sein, wie wenn in der Gastheorie von Molekül- und Atomradien die Rede ist.

Das in Rede stehende mathematische Problem lässt sich nun folgen dermaßen formulieren. Zur Zeit  $t=0$  bestzue die Lösung nur aus gleichartigen Primärteilchen, deren Anzahl pro Volumeneinheit  $v_0$  betrage, deren Wirkungsradius  $R$  sei und deren Brown'sche Beweglichkeit <sup>\*\*) (x)</sup> durch eine Geschwindigkeitskonstante  $D$  charakterisiert sei; gesucht werden die Anzahlen  $n_1, n_2, n_3, \dots$  der zur Zeit  $t$  noch unverketteten Primärteilchen, sowie der in einem Zeitpunkt bestehenden zweifachen, dreifachen, vierfachen u. s. w. Teilchen.

Seine Schlüsse lassen sich nun schon durch eine ganz einfache Dimensionsbetrachtung ableiten. Von den drei <sup>obigen</sup> Größen  $v_0, R, D$ , welche den ganzen Prozess eindeutig bestimmen, müssen, ist nämlich bloß  $D$  von Zeitmaßstab abhängig und zwar hat es die Dimension eines Diffusionskoeffizienten ( $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ). Da nun der wirkliche Koagulationsverlauf nicht vom Zeitmaßstab abhängen kann, folgt notwendigerweise, dass die Teilchenzahlen  $n$  bloß Funktionen des Produktes ( $Dt$ ) sein müssen. Es wird somit die zur Erreichung eines gewissen Koagulationsgrades erforderliche Zeit — bei gegebenen Werten des  $v_0$  und  $R$  — dem Werte des  $D$  umgekehrt

\*) The Svedberg, D. Existenz d. Moleküle 1912, S. 105.

\*\*) Definiert durch die bekannte Formel für das mittlere Verschiebungsquadrat:  $\overline{\Delta x^2} = 2Dt$







proportional sein. Da nun nach Einstein für kugelförmige Teilchen gilt:  $D = \frac{H_0}{N} \frac{1}{6\pi\eta a}$ , ... (1)<sup>15</sup>  
 wo  $\eta$  den Zähigkeitskoeffizienten,  $a$  den Teilchenradius bedeutet, so muss die Koagulationszeit bei  
 Änderung der Temperatur nach Vorgabe des Verhältnisses  $\frac{1}{\eta}$ , also angenähert proportional der  
 Fähigkeit des Mediums variieren.<sup>\*)</sup> Zsigmondy fand das Ergebnis in einigen vorläufigen Versuchen  
 annähernd bestätigt.

Was nun die Ableitung der Gleichungen der Koagulationskinetik anbelangt, so wollen  
 wir hier nur den Gedankengang kurz skizzieren, ohne in Einzelheiten einzugehen. Vorerst  
 betrachten wir einen vereinfachten Idealfall, indem wir uns eines der Teilchen — sozusagen als  
 Kondensationskern — ruhend vorstellen, und überlegen mit welcher Wahrscheinlichkeit sich ihm  
 eines der übrigen, die Brown'sche Bewegung ausführenden Teilchen im Zeitraum<sup>von</sup>  $t$  bis  $t+dt$   
 soweit nähern dürfte, dass sein Mittelpunkt in die Wirkungsphäre  $R$  des hervorgerufenen  
 Teilchens eintritt und dass es infolgedessen daran haften bleibt. [Es lässt sich leicht nachweisen,  
 dass die Brown'schen Bewegungen der einzelnen Teilchen einer kolloidalen Lösung als Gesamter-  
 gebnis eine Erscheinung~~g~~ ergeben, welche man sonst Diffusion zu nennen pflegt, wobei  $D$   
 dem bekannten Diffusionskoeffizienten entspricht.]

Das eben erwähnte Problem lässt sich infolgedessen in mathematischer Hinsicht auf die  
 Berechnung der Verteilung einer Substanz zurückführen, welche anfangs im ganzen Raume  
 gleichmäßig verteilt, vom Zeitpunkte  $t=0$  anfangen an eine Kugeloberfläche  $R$  herandiffundiert  
 und von dieser so rasch weggezogen wird, dass an der Fläche  $R$  immer die Konzentration Null  
 herrscht. Vorausgesetzt, dass die ursprüngliche räumliche Konzentration jener Substanz mit  $c$   
 bezeichnet wurde, ergibt sich für die im Zeitraum  $t \dots t+dt$  an die Kugel  $R$  andiffundierende  
 Menge der Ausdruck:

$$J dt = 4\pi DRc \left[ 1 + \frac{R}{\sqrt{\pi Dt}} \right] dt$$

in welchem wir zur Vereinfachung das Wurzelglied vernachlässigen wollen, indem wir Zeiträume  
 in Betracht ziehen, die erheblich länger sind, als der Wert  $\frac{R^2}{D}$  (welcher z.B. in den später  
 zu besprechenden Versuchen Zsigmondy's nur  $10^{-3}$  bis  $10^{-4}$  Sekunden betrug).

Dem entsprechend setzen wir die Wahrscheinlichkeit, dass ein gewisses, anfangs irgendwo  
 im Raume  $V$  gleich wahrscheinlich vorhandenes Teilchen sich im Zeitraum  $t \dots t+dt$   
 an die Kugel  $R$  anlagere:  $W_t = \frac{4\pi DR}{V} dt$  (4)

\*) Vorausgesetzt, dass, in Übereinstimmung mit später zu besprechenden experimentellen Ergebnissen,  $R$   
 von der Temperatur <sup>nur</sup> unabhängig ~~abhängig~~ ist.



...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...

...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...

...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...

$$T = \frac{1}{\omega} \left[ 1 + \frac{R}{\omega D} \right]$$

...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...

...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...

...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...  
 ...  $\frac{H_0}{H_0 + \dots}$  ...



Nun ist aber zu berücksichtigen, dass das hervorgehobene Teilchen R selber nicht unbeweglich ist, sondern gleichfalls seine Brown'schen Bewegungen ausführt, und zwar lässt sich mathematisch beweisen, dass die Relativbewegung zweier Teilchen, welche für sich Brown'sche Bewegungen nach Harkgeber der Beweglichkeitskonstanten  $D_1, D_2$  ausführen, wieder eine Brown'sche Bewegung ist und zwar eine solche, welche durch die Beweglichkeitskonstante  $D_1 + D_2$  charakterisiert ist. Dieser Umstand erfordert also im obigen Falle eine Verdoppelung des Koeffizienten  $D$ .

Wenn man nun zu dem Fall übergeht, dass ein jedes Teilchen in gleicher Weise als Ablagerungskern wirken kann, so findet man leicht für die Abnahme der Anzahl  $v_1$  der einfachen Primärteilchen die Differentialgleichung:

$$\frac{1}{v_1} \frac{dv_1}{dt} = -\beta \cdot DR \cdot v_1 \quad \text{--- (2)}$$

welche die Gestalt einer Reaktionsgleichung zweiter Ordnung besitzt und dementsprechend das Integral ergibt:

$$v_1 = \frac{v_0}{1 + \beta \cdot DR \cdot v_0 \cdot t}$$

Dabei ist aber soweit nur die Vereinigung von einfachen zu Doppelteilchen in Betracht gezogen, während in Wirklichkeit auch die Bildung mehrfacher Teilchen zu berücksichtigen ist. Die Anzahl der Primärteilchen  $v_1$  nimmt auch durch die Zusammenstöße mit solchen zwei-, drei-... fachen Teilchen ab, deren Anzahlen pro Volumeneinheit mit  $v_2, v_3, \dots$  bezeichnet werden mögen. Die Wirkung derartigen Zusammenstöße lässt sich leider nicht ~~streng~~ streng berechnen, indem das Auslehnungsgebiet mehrfacher Teilchen nicht ~~ganz~~ kugelförmig sein dürfte, somit die vorige Rechnung nicht genau anwendbar ist. Doch kann man zeigen, dass analoge Beziehungen wie (2) den Einfluss der verschiedenen Kategorien mehrfacher Teilchen angemäht wiedergeben, so dass sich die Gesamtabnahme der Zahl der Primärteilchen durch eine Gleichung darstellen lässt:

$$\frac{1}{\beta \cdot DR} \cdot \frac{1}{v_1} \frac{dv_1}{dt} = -v_1 - v_2 - v_3 - \dots \quad \text{--- (3)}$$

In ähnlicher Weise erhält man die Reaktionsgleichungen für die verschiedenen Kategorien der mehrfachen Teilchen, und das ganze, scheinbar recht komplizierte System dieser Differentialgleichungen lässt sich überraschender Weise ganz leicht integrieren. So ergibt sich für die Anzahl der Primärteilchen die theoretische Gleichung:

$$v_1 = \frac{v_0}{[1 + \beta t]^2} \quad \text{--- (4)}$$

wo  $\beta$  nur Abkürzung für  $\beta = 4 \cdot \pi \cdot DR \cdot v_0$  gesetzt ist, und analog erhält man für die Zahl der



Man ist aber in dem Verstande, dass das thermodynamische System & daher nicht unabhängig ist, sondern gleichfalls eine thermodynamische Bewegung enthält, und zwar lässt sich nicht unabhängig machen, dass die relative Bewegung seiner Teile, welche für die thermodynamische Bewegung war. Nachfolgend die Geschwindigkeit konstante  $D$ , und ferner, wieder eine thermodynamische Bewegung ist mit einer anderen, welche durch die Geschwindigkeit konstante  $D_1 + D_2$  charakterisiert ist. Diese Konstante entspricht also im obigen Falle eine Temperatur des Systems  $D$ .

Wenn man nun in dem Falle absteigt, dass ein fester Teilchen in fester Weise als Aufhängungsgewicht stehen kann, so findet man leicht für die Abnahme der Geschwindigkeit  $v$  im folgenden Verhältnis die Differentialgleichung:

$$\frac{1}{v} \frac{dv}{dt} = - \frac{D_1 + D_2}{D} \quad (1)$$

welche die Gestalt einer Bestimmungsgleichung zweiter Ordnung besitzt und die entsprechende Lösung lautet:

$$v = \frac{1}{1 + \frac{D_1 + D_2}{D} t}$$

Bevor ich aber weiter zur Herleitung von einander in Beziehung stehenden in Betracht bringe, nehme ich in Betracht, dass auch die Bewegung unabhängiger Teilchen in Betracht kommen ist. Die Geschwindigkeit der Konstanten  $D$  nimmt auch durch die thermodynamische mit anderen Worten: durch jedem Teilchen ab, wenn derselbe für  $D$  in Betracht kommt mit  $D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n$  bezeichnet werden möge. Die Wirkung der ersten thermodynamischen Last auf andere nicht weiter stehende Geschwindigkeiten, in dem das beschriebene System unabhängiger Teilchen nicht genau konstant sein dürfte, somit die vorige Bestimmung nicht genau anwendbar ist. Doch kann man zeigen, dass analoge Bestimmungen wie (1) der Einfluss der verschiedenen Konstanten unabhängiger Teilchen aufeinander nicht veränderlich ist, so dass auch die Geschwindigkeit der Teilchen der Konstanten  $D$  durch eine Gleichung bestimmt wird:

$$\frac{1}{v} \frac{dv}{dt} = - \frac{D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n}{D} \quad (2)$$

Die Gleichung lautet aber, wenn die Bestimmungsgleichungen für die verschiedenen Konstanten der unabhängigen Teilchen, mit der ersten, abnehmend, nicht konstante Systeme dieser Offensichtlichkeit. Gleichungen lautet aber überaus der Weise ganz leicht integrierbar. Es ergibt sich für die Geschwindigkeit der Konstanten die folgende Gleichung:

$$v = \frac{1}{1 + \frac{D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n}{D} t} \quad (3)$$

so dass die Bestimmung für  $D = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n$  findet, ist, und analog erhält man für die Teilchen



Doppeltteilchen:

$$v_2 = v_0 \frac{\beta t}{[1 + \beta t]^3} \quad \text{--- (5)}$$

und allgemein für die Zahl der k-fachen Teilchen:

$$v_k = v_0 \frac{(\beta t)^{k-1}}{[1 + \beta t]^{k+1}} \quad \text{--- (6)}$$

während die Gesamtzahl aller Teilchen gemäß der Formel abnimmt:

$$\sum v = \frac{v_0}{1 + \beta t} \quad \text{--- (7)}$$

Drücken wir also die relativen Teilchenzahlen  $\frac{v_1}{v_0}, \frac{v_2}{v_0}$  u. s. v. als Funktionen der Zeit aus und zwar so, dass letztere im Narkotob eines Zeitabschnittes  $T = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{4\pi DR v_0}$  aufgetragen wird, welchem wir kurz "Koagulationszeit" nennen wollen, so erhalten wir die in Fig (1) dargestellten

reduzierten Koagulationskurven, welche von allen individuellen

Bestimmungsstücken, wie Konzentration der Lösung, Art und Größe der Teilchen, Temperatur u. s. v. unabhängig sein

sollten, falls es sich nur um kugelförmige Teilchen handelt.

Letztere Größen beeinflussen alle nur den Narkotob des

Zeitparameters T. Die Kurven zeigen anschaulich, wie die

Zahl der Primärteilchen fortwährend abnimmt, während

Fig (1).

die Zahl jeder Kategorie von mehrfachen Teilchen von Null an bis zu einem Maximalwert wächst und dann allmählich wieder gegen Null zu abnimmt

## II.

Der erste Prüfstein für die obige Theorie bildeten Messungen von Zigmondy an koagulierenden Goldhydrosoelen, durch welche, wie gesagt, überhaupt die ganze theoretische Untersuchung angeregt worden war. Sie unterschieden sich von früheren Untersuchungen Reissig's und Galeski's, bei welchen das Fortschreiten der Koagulation ebenfalls mittels Teilchenzählung verfolgt wurde, hauptsächlich dadurch, dass durch die ~~gewählte~~ <sup>derselben</sup> Herstellungsart der Goldlösungen eine besondere Gleichkörnigkeit ~~der Goldlösungen~~ <sup>der Goldlösungen</sup> erzielt wurde und dass sie durch relativ großen Elektrolytzusatz (NaCl) zum Koagulieren gebracht wurden. Da infolgedessen diese "rasche" Koagulation tatsächlich sehr ~~rasch~~ schnell vor sich ging, wurde ein Kunstgriff angewendet, indem der Koagulationsprozess nach der beabsichtigten Zeitdauer durch Vermischung mit einem kräftigen Schutzkolloid (Gummilösung) unterbrochen wurde, worauf sich die Auszählung der Teilchen mittels des Spaltultramikroskops ausführen lässt.







Im Folgenden sind für die drei von Zigmondy angegebenen Versuchsreihen (welche derselbe allerdings nur als vorläufige ~~vorläufige~~ Ergebnisse bezeichnet) die Zeiten  $t$ , die beobachteten Zahlen der Primärteilchen  $v_1$  (in relativem Maß), die daraus mit Hilfe der Formel (4) folgenden Werte des Koeffizienten  $\beta$  und die mit Hilfe des Mittelwertes von  $\beta$  ~~und~~ <sup>derselben</sup> Formel ~~zurück~~ berechneten Werte der  $v_1$  angeführt, nebst den jede Lösung charakterisierenden Daten  $v_0, r$ .

Versuch D.				Versuch E.				Versuch F.			
$v_0 = 0.80 \cdot 10^{10}; r = 13.4 \mu\mu$				$v_0 = 0.552 \cdot 10^{10}; r = 24.2 \mu\mu$				$v_0 = 0.27 \cdot 10^{10}; r = 24.2 \mu\mu$			
$t$	$v_1$	$\beta$	$v_1$ ber.	$t$	$v_1$	$\beta$	$v_1$ ber.	$t$	$v_1$	$\beta$	$v_1$ ber.
0	1.93	—	1.93	0	1.97	—	1.97	0	1.97	—	1.97
2	1.42	(0.083)	1.71	2	1.35	(0.105)	1.65	3	1.56	(0.040)	1.76
10	1.17	0.0286	1.14	5	1.19	(0.058)	1.31	20	1.02	0.0195	1.04
20	0.75	0.0302	0.76	10	0.89	0.0490	0.93	40	0.66	0.0183	0.64
30	0.52	0.0309	0.53	20	0.52	0.0475	0.54	40	0.76(?)	(0.0153)	0.64
Mittel: $\beta = 0.0299; \frac{R}{r} = 1.40$				40	0.29	0.0403	0.25	60	0.44	0.0187	0.44
				Mittel: $\beta = 0.0456; \frac{R}{r} = 3.12$				80	0.49(?)	(0.0126)	0.31
								Mittel: $\beta = 0.0188; \frac{R}{r} = 2.63$			

Das Resultat der Vergleichung ist also durchaus befriedigend, indem die  $\beta$ -Werte merklich konstant bleiben und die berechneten  $v_1$  mit den beobachteten ganz gut übereinstimmen, wenn man von den Beobachtungen <sup>\*)</sup> für 2-5 Sekunden, sowie von jenen welche Zigmondy von vorn herein als fraglich bezeichnet hat, abstrahiert. Dass bei den ganz kurzen Zeiten derartige Abweichungen auftreten, lässt sich wohl leicht daraus erklären, dass die Vermischung mit dem Schutzkolloid und ~~das Eintreten~~ das Eintreten der Wirkung desselben eine gewisse Zeit erfordert.

Wichtig ist das zahlenmäßige Ergebnis für das Verhältnis des Wirkungs- zum Teilchenradius  $\frac{R}{r}$ , welches sich aus dem  $\beta$  Wert  $\beta = 4\pi DRv_0$  unter Zuhilfenahme der Formel (1) berechnen lässt. Wäre  $\frac{R}{r} = 2$ , so würde dies bedeuten, dass die Teilchen sich erst bei unmittelbarer Berührung auswirken. Tatsächlich sind die aus den Versuchen folgenden  $\frac{R}{r}$  Werte von dieser Größenordnung und beweisen, dass die Koagulation nicht durch Fernwirkungen, noch ist elektrostatischer Kräfte, sondern durch <sup>verursacht wird</sup> Nahwirkungen, welche erst bei völliger Annäherung merklich werden. ~~Der~~ Der allzu kleine Wert der ersten Messungsreihe lässt sich nach Zigmondy auf gewisse Unvollkommenheiten der bei diesem orientierenden Versuch gebrauchten Anordnung zurückführen.

Westers schönes Versuchsmaterial haben auf Anregung Prof. Zigmondy's A. Westgren u. J. Reistadter geliefert, indem sie anstatt der Anzahl der Primärteilchen  $v_1$  die viel leichter zu ermittelnde Gesamtzahl  $N$  der Teilchen bestimmten und auch bei der Zählmethode

\*) Dieselben wurden bei der Mittelbildung ausgeschlossen.







gewinn von Westgren früher ausgearbeitete Abänderungen anzuwenden, worüber denselben in einer demnächst erscheinenden Arbeit näher berichtet werden. Als Beispiel sei hier eine derartige Versuchsreihe\*) angeführt, welche sich auf Goldteilchen mit einem Radius 96  $\mu$  und einer Anfangszahl  $v_0 = 522 \cdot 10^8$  bezieht:

$t =$	0	60	120	180	300	420	600	900 Sek.
$\Sigma v \cdot 10^8 =$	5.22	4.35	3.63	3.38	2.75	2.31	1.95	1.48
$\frac{R}{n} =$		2.56	2.81	2.33	2.32	2.31	2.26	2.19
$\Sigma v_{ber.}$	5.22	4.40	3.81	3.36	2.71	2.27	1.83	1.38

Auch hier ergibt sich also nicht nur eine treffliche Übereinstimmung mit der theoretischen Formel (7) sondern, wie die aus denselben berechneten  $\frac{R}{n}$  Werte zeigen, ein ganz ähnliches Resultat bezüglich der Größe der Wirkungssphäre wie früher, trotz aller Unterschiede des Materials und der Versuchsanordnung. Diese beiden Experimentalarbeiten können man also wohl als gewichtige Quoten für unsere Koagulationstheorie betrachten.

### III.

Die bisherigen Ausführungen bezogen sich, wie nochmals hervorgehoben sei, auf den Grenzfall der „raschen“, durch maximale Reaktionsgeschwindigkeit charakterisierten Koagulation. Doch scheint mir, dass dieselbe Theorie sich auch auf die langsame Koagulation ausdehnen lässt, wozu bei teilweiser Entladung der Doppelschicht infolge geringen Elektrolytzusatzes eintritt, und zwar am einfachsten, indem die vorhergehende Annahme eingeführt wird, dass in diesem Falle im Zusammentreffen zweier Teilchen nicht mit Sicherheit, sondern nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zur Vereinigung derselben führt.

Berechnet man diesen Wahrscheinlichkeitsbruch, so bleiben offenbar alle früheren Formeln (4, 5, 6, 7) auch für diesen Fall gültig, falls man nur in denselben den Wert  $\beta$  ersetzt durch:

$$\beta' = \frac{1}{I} = 8 \alpha r D \varepsilon v_0 = \frac{4}{3} \frac{H^0}{N} \frac{\varepsilon}{\mu} v_0$$

Es werden sich also die bei verschiedener Konzentration und bei verschiedenem Elektrolytzusatz erhaltenen Koagulationskurven alle mit den Kurven der Fig. 1 durch entsprechende Wahl des Zeitmaßstabes zur Deckung bringen lassen. Mit anderen Worten: die Kurven müssten untereinander affin sein, und der Zeitmaßstab müsste im umgekehrten Verhältnis zur Konzentration  $v_0$  und zum Wirksamkeitskoeffizienten  $\varepsilon$  stehen.

Bemerkenswerter Weise würde, wie eine nähere Überlegung ergibt, auch dann noch dasselbe Affinitätsgesetz der Koagulationskurven gültig bleiben, wenn die Teilchen eine andere als Kugelgestalt

\*) Siehe Zsigmondy loc. cit.



[illegible][illegible]

\*) Nach Folgerung aus 10.



hätten, nur wäre dann deren Gestalt durch andere Formeln als (4-7) definiert.

( Eine Vergleichung dieser theoretischen Schlüsse mit experimentellem Material lässt sich bisher nur an den mittels ~~direkter~~ in direkter Methode ausgeführten Untersuchungen anstellen, da die direkte Methode der Teilchenzählung bisher auf langsame Koagulation nicht systematisch angewendet wurde.

Tatsächlich ist die Ähnlichkeit der Koagulationskurven von Paine<sup>\*)</sup> als empirischer Ausdruck seiner mittels einer originellen Abscheidungs-methode ausgeführten Versuche an  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  festgestellt worden, wobei sich die Koagulationszeiten umgekehrt proportional mit dem Anfangsgehalt  $v_0$  und mit einer gewissen, zwischen 5 und 6 liegenden Potenz des Elektrolytgehaltes ergaben. Auch die Viskositäts-Untersuchungen<sup>\*\*)</sup> von Frensdorff u. Ishizaka, sowie von Gamm u. Frensdorff haben die Ähnlichkeit der Kurven bei verschiedenem Elektrolytgehalt bestätigt — allerdings mit Ausnahme der Fälle, wo stark absorbierbare mehrwertige und organische Ionen ins Spiel traten<sup>\*\*) —</sup> ergeben jedoch keine Ähnlichkeit für verschiedene Werte des Kolloid-Anfangsgehaltes  $v_0$ ; es wird sich zufolge Gamm's Messungen der charakteristische Wendepunkt der Viskosität-Zeit-Kurven bei wachsendem  $v_0$  gegen den Anfangspunkt zu verschieben und schließlich ganz verschwinden.

Dieser Widerspruch klärt sich aber in einfacher Weise auf, wenn man den eingangs betonten Umstand berücksichtigt, dass nämlich die Viskositätszunahme keinen direkten Raststab für die Koagulation bildet. Wie ich bei einer früheren Gelegenheit<sup>\*\*) —</sup> bemerkt hatte, rührt das Wachsen der Zähigkeit bei Koagulation von zusammenwirkenden zweier Umstände her: 1. dass die Viskosität einer starren Teilchen enthaltenden Suspension größer ist als die Viskosität des flüssigen Mediums, ~~und~~ 2. dass Teilchenaggregate ein größeres Volumen wirksam „stabilisieren“, als die Summe der wirklichen Teilchen-volumina beträgt. Daraus hatte ich auch schon darauf hingewiesen, dass die Viskositätszunahme nur für sehr verdünnte Lösungen ~~dem Volumen~~ der Volumenkonzentration der Teilchen proportional ist, bei größerem Volumengehalt aber rascher wächst.

Auch Gamm's Messungen zeigen dasselbe und ermöglichen auch die ~~empirische~~ empirische Festsetzung

\*) H. Paine, Kolloidchem. Rev. 4, 24 (1912); Kolloid-Zeitschr. 11, 115, (1912).

\*\*) H. Frensdorff u. N. Ishizaka, Koll. Zeitschr. 12, 230 (1913), Zeitschr. f. phys. Chem. 83, 97 (1913); J. Gamm, Kolloidchem. Rev. 8, 64 (1916).

\*\*)\*) Offensichtlich gilt unsere Theorie nur für die Fälle, wo sich der Elektrolytgehalt während der Koagulation nicht merklich ändert, wo also keine starke Adsorption stattfindet, da sonst die Größe  $\epsilon$  nicht konstant wäre.

\*\*\*\*) Nosmolschowski, Kolloid-Zeitschr. 18, 190 (1916).



haben, was aber dann durch den Tod durch ein Tumor als (2-3) definiert.  
Die Vergrößerung durch die veränderten Verhältnisse mit unregelmäßigen  
nur an den Stellen, in denen die Verhältnisse unregelmäßig sind.  
da die Verhältnisse durch die unregelmäßigen Verhältnisse aufeinander wirken  
auf den Tumor einwirken wird.

Tumor ist die Vergrößerung der Tumorzellen von Tumor als unregelmäßig  
das durch seine unregelmäßigen Verhältnisse unregelmäßig wird.  
an (2-3) festgelegt werden, wie auch die Tumorzellen unregelmäßig sind.  
mit dem Tumor selbst 2 mit einem Tumor, zwischen 2 mit dem Tumor.  
Tumorzellen (\*\*) Tumorzellen. Tumorzellen von Tumorzellen.

Tumorzellen, was von Tumor als Tumorzellen. Tumorzellen von Tumorzellen.  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen - Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen

Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen

Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen

Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen

Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen

Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen

Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen  
Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen Tumorzellen



des Zusammenhanges zwischen der Viskosität und dem "wirksamen Volumen". Auf Grund dessen lässt sich nachweisen, dass Gamm's Koagulationskurven tatsächlich auch unserem Ähnlichkeitsgesetz in Bezug auf die Abhängigkeit vom Kolloidgehalt  $\eta$  vollständig Genüge leisten, wenn man <sup>sich</sup> nur die Werte nimmt, aus den direkten Viskositätsdaten die in Betracht kommenden wirksamen Volumina <sup>Koagulation</sup> heranzuschälen.

Natürlich ist von diesem Standpunkt aus in jeder Versuch, die Gleichungen der chemischen Kinetik auf die direkten Viskositätswerte anzuwenden, von vornherein als aussichtslos zu betrachten und ist es nicht zu verwundern, dass die betreffenden Bemühungen <sup>\*)</sup> so wenig Erfolg gesiegt haben. Andererseits eignen sich auch unsere Formeln (4, 5, 6, 7) selbst nach Einführung des  $\epsilon$ -Koeffizienten nicht als exakte Grundlage einer Theorie der Gamm'schen Versuche, da es sich bei dem derselbst verwendeten  $Al_2(OH)_3$ -Kolloid gewiss nicht um kugelförmige Teilchen handelt, sondern vielmehr um Kristallnadeln oder dergl., wie die Bildung des voluminösen Gels vermuten lässt. Immerhin habe ich zeigen können, dass die allgemeine Form der aus Gamm's Messungen ableitbaren "reduzierten" Koagulationskurven <sup>\*\*) (s. oben)</sup> ~~dem~~ Gestalt sich in einfacher Weise aus den Formeln ~~(4, 5, 6, 7)~~ erklären lässt, wenn man die allmähliche Vergrößerung des "wirksamen Volumens" infolge der Koagulation ins Auge fasst.

Das Gesagte beweist wohl, dass die theoretische Interpretation der Viskositätskurven Koagulierender Kolloide eine recht komplizierte Sache ist und nur mit großer Vorsicht Rückschlüsse auf den Mechanismus der Koagulation zu ziehen gestattet. Doch eignet sich die Viskositätsmethode sehr gut dazu, eine der wichtigsten Fragen dieses Gebietes, die Abhängigkeit des Wirksamkeitskoeffizienten  $\epsilon$  von der Elektrolytkonzentration, aufzuklären. Hierzu ist es nur nötig, die bei bestimmten Kolloidgehalt und verschiedenen Elektrolytkonzentrationen erhaltenen Viskositätskurven zu vergleichen und falls sie sich als ähnlich erweisen <sup>\*\*\*)</sup>, daraus das Verhältnis der betreffenden Zeitparameter abzuleiten. So fand ich z.B. aus den Gamm'schen Tabellen, dass die relativen Werte der Koagulationszeiten für 60, 70, 80, 100 Millimol KCl i. Z. im Verhältnis stehen von:

$$I_{100} : I_{80} : I_{70} : I_{60} = 1 : 2.76 : 5.92 : 12.7$$

<sup>\*)</sup> Siehe z.B. H. Frenkel u. N. Tshizoka, J. Gamm loc. cit.

<sup>\*\*)</sup> Die Gestalt derselben, welche der Formel  $f(t) = a + b\left(\frac{t}{t+T}\right)^3$  entspricht, erinnert in ihrer Form an die von Frenkel u. Tshizoka dargestellten Viskositätskurven.

<sup>\*\*\*)</sup> Abweichungen vom Ähnlichkeitsgesetz weisen auf eine starke Adsorption des wirksamen Elektrolyten oder auf eine Abhängigkeit des Koeffizienten  $\epsilon$  von der Teilchengröße hin.



1. Einleitung  
 2. Die Bedeutung der Thermodynamik  
 3. Die Grundgesetze der Thermodynamik  
 4. Die Temperatur  
 5. Die Wärme  
 6. Die Arbeit  
 7. Die Enthalpie  
 8. Die Freie Enthalpie  
 9. Die Chemische Potentiale  
 10. Die Phasenübergänge  
 11. Die Chemischen Reaktionen  
 12. Die Chemischen Gleichgewichte  
 13. Die Chemischen Potentiale  
 14. Die Chemischen Potentiale  
 15. Die Chemischen Potentiale  
 16. Die Chemischen Potentiale  
 17. Die Chemischen Potentiale  
 18. Die Chemischen Potentiale  
 19. Die Chemischen Potentiale  
 20. Die Chemischen Potentiale  
 21. Die Chemischen Potentiale  
 22. Die Chemischen Potentiale  
 23. Die Chemischen Potentiale  
 24. Die Chemischen Potentiale  
 25. Die Chemischen Potentiale  
 26. Die Chemischen Potentiale  
 27. Die Chemischen Potentiale  
 28. Die Chemischen Potentiale  
 29. Die Chemischen Potentiale  
 30. Die Chemischen Potentiale  
 31. Die Chemischen Potentiale  
 32. Die Chemischen Potentiale  
 33. Die Chemischen Potentiale  
 34. Die Chemischen Potentiale  
 35. Die Chemischen Potentiale  
 36. Die Chemischen Potentiale  
 37. Die Chemischen Potentiale  
 38. Die Chemischen Potentiale  
 39. Die Chemischen Potentiale  
 40. Die Chemischen Potentiale  
 41. Die Chemischen Potentiale  
 42. Die Chemischen Potentiale  
 43. Die Chemischen Potentiale  
 44. Die Chemischen Potentiale  
 45. Die Chemischen Potentiale  
 46. Die Chemischen Potentiale  
 47. Die Chemischen Potentiale  
 48. Die Chemischen Potentiale  
 49. Die Chemischen Potentiale  
 50. Die Chemischen Potentiale  
 51. Die Chemischen Potentiale  
 52. Die Chemischen Potentiale  
 53. Die Chemischen Potentiale  
 54. Die Chemischen Potentiale  
 55. Die Chemischen Potentiale  
 56. Die Chemischen Potentiale  
 57. Die Chemischen Potentiale  
 58. Die Chemischen Potentiale  
 59. Die Chemischen Potentiale  
 60. Die Chemischen Potentiale  
 61. Die Chemischen Potentiale  
 62. Die Chemischen Potentiale  
 63. Die Chemischen Potentiale  
 64. Die Chemischen Potentiale  
 65. Die Chemischen Potentiale  
 66. Die Chemischen Potentiale  
 67. Die Chemischen Potentiale  
 68. Die Chemischen Potentiale  
 69. Die Chemischen Potentiale  
 70. Die Chemischen Potentiale  
 71. Die Chemischen Potentiale  
 72. Die Chemischen Potentiale  
 73. Die Chemischen Potentiale  
 74. Die Chemischen Potentiale  
 75. Die Chemischen Potentiale  
 76. Die Chemischen Potentiale  
 77. Die Chemischen Potentiale  
 78. Die Chemischen Potentiale  
 79. Die Chemischen Potentiale  
 80. Die Chemischen Potentiale  
 81. Die Chemischen Potentiale  
 82. Die Chemischen Potentiale  
 83. Die Chemischen Potentiale  
 84. Die Chemischen Potentiale  
 85. Die Chemischen Potentiale  
 86. Die Chemischen Potentiale  
 87. Die Chemischen Potentiale  
 88. Die Chemischen Potentiale  
 89. Die Chemischen Potentiale  
 90. Die Chemischen Potentiale  
 91. Die Chemischen Potentiale  
 92. Die Chemischen Potentiale  
 93. Die Chemischen Potentiale  
 94. Die Chemischen Potentiale  
 95. Die Chemischen Potentiale  
 96. Die Chemischen Potentiale  
 97. Die Chemischen Potentiale  
 98. Die Chemischen Potentiale  
 99. Die Chemischen Potentiale  
 100. Die Chemischen Potentiale

1881. 1. 1. in Tübingen  
 Tübingen, dass die relative Werte der Tagelohnen unter 60, 50, 40, 30, 20, 100 Willkür  
 das Verhältnis der Bedürfnisse für Lebensmittel zu bestimmen. Es fand sich 20, 40, 60, 80, 100  
 (\*\*) <sup>\*\*\*</sup>   
 erhalten. Verhältnis kann in gegeben und falls ein oder als ähnlich werden, daraus  
 so nur nötig, die bei bestimmten Lebensgehalt und verschiedenen Lebensverhältnissen  
 der Wirtschaftssysteme 2 vor der Lebensverhältnisse, aufzuheben. Dieses ist  
 Wirtschaften nicht sehr gut, wenn die Wirtschaft im Leben diese Schritte, die abhängig  
 Bedürfnisse auf den Lebensbedarf der Tagelohnen zu sehen gestattet. Das ergibt sich in  
 Tagelohnen der Wirtschaft eine sehr komplizierte Sache ist und nur mit großer Vorsicht  
 Das folgende beweist wohl, dass die theoretische Interpretation der Wirtschaftskunde

$$1 : 1.76 : 2.67 : 15.5$$

\*\*\*) Abweichungen von Gleichheitswerten aber auf eine starke Abgrenzung des wirklichen Wertes hin zu sein.  
 \*\*\*) Die Güter werden, wenn der Zins  $f(x) = x + \frac{x}{x+1}$  entspricht, nimmt infomeren an die von  
 \*) Siehe die H. Zinswerte, 7. vom 10. 11.



Gamm und Trimmlich finden nach einer andern, weniger rationellen Methode ebenfalls ähnliche Zahlenverhältnisse und schließen — ähnlich wie früher Taine — dass die Koagulationsgeschwindigkeit einer hohen Potenz (2 bis 8) der Elektrolytkonzentration proportional ist. Dagegen möchte ich bemerken, dass im Potenzgesetz hier überhaupt von vornherein ausgeschlossen ist, da ja unterhalb ~~ines~~ ~~gewissen~~ des „Schwellenwertes“ überhaupt keine merkliche <sup>Koagulation</sup> ~~Konzentration~~ eintritt, dagegen bei großen Konzentrationen nach Trigmondy ein Maximumwert der Geschwindigkeit erreicht wird.

Die empirische Festlegung dieser Verhältniswerte im ganzen Konzentrationsbereiche würde sehr wichtige quantitative Aufschlüsse über die Wirksamkeit verschiedener Ionenarten geben, und hier eröffnet sich auf Grund unserer Theorie ein weites Feld für exakte systematische Arbeit. Dies aber wird es ermöglichen, die Natur der koagulierenden Ausfällungswirkungen näher zu präzisieren, und <sup>wird</sup> so zum weiteren Ausbau der oben dargelegten ~~Theorie~~ Koagulationstheorie beitragen, deren allgemeine Grundsätze durch das vorliegende Tatsachenmaterial wohl ~~bereits~~ als genügend sichergestellt betrachtet werden können.

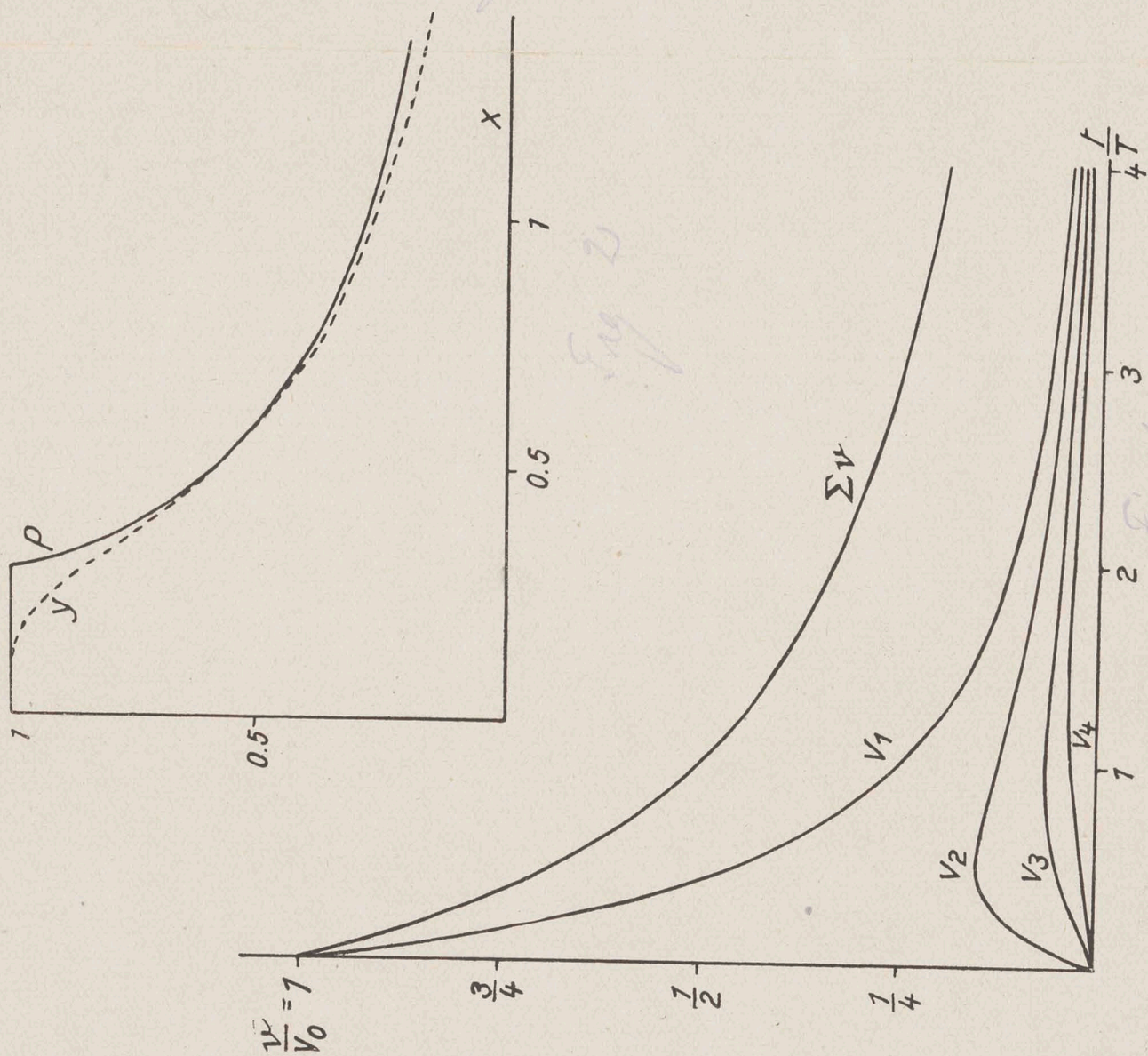
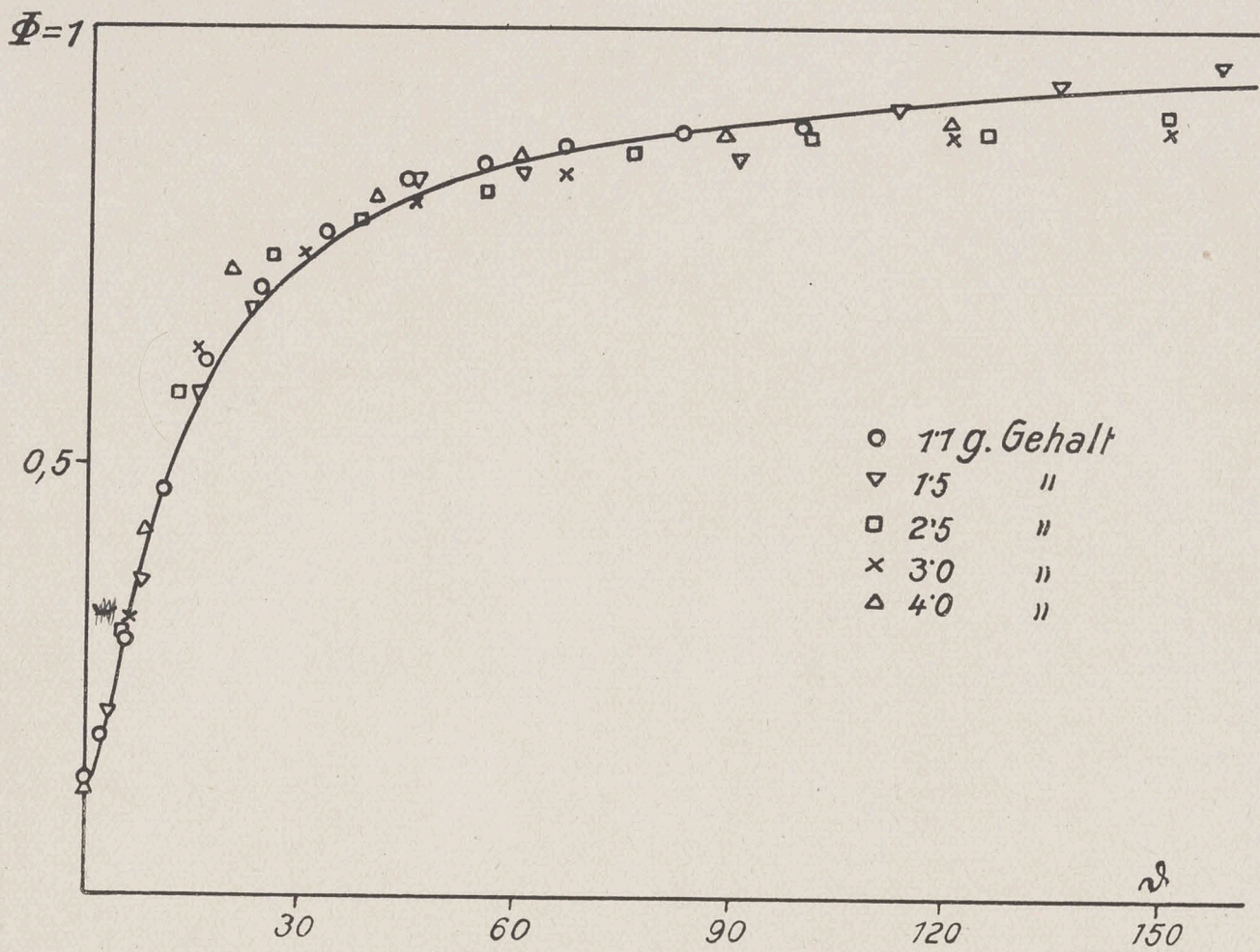
Adresse: Prof. Dr. v. Smoluchowski

Krakau, Studencka 27



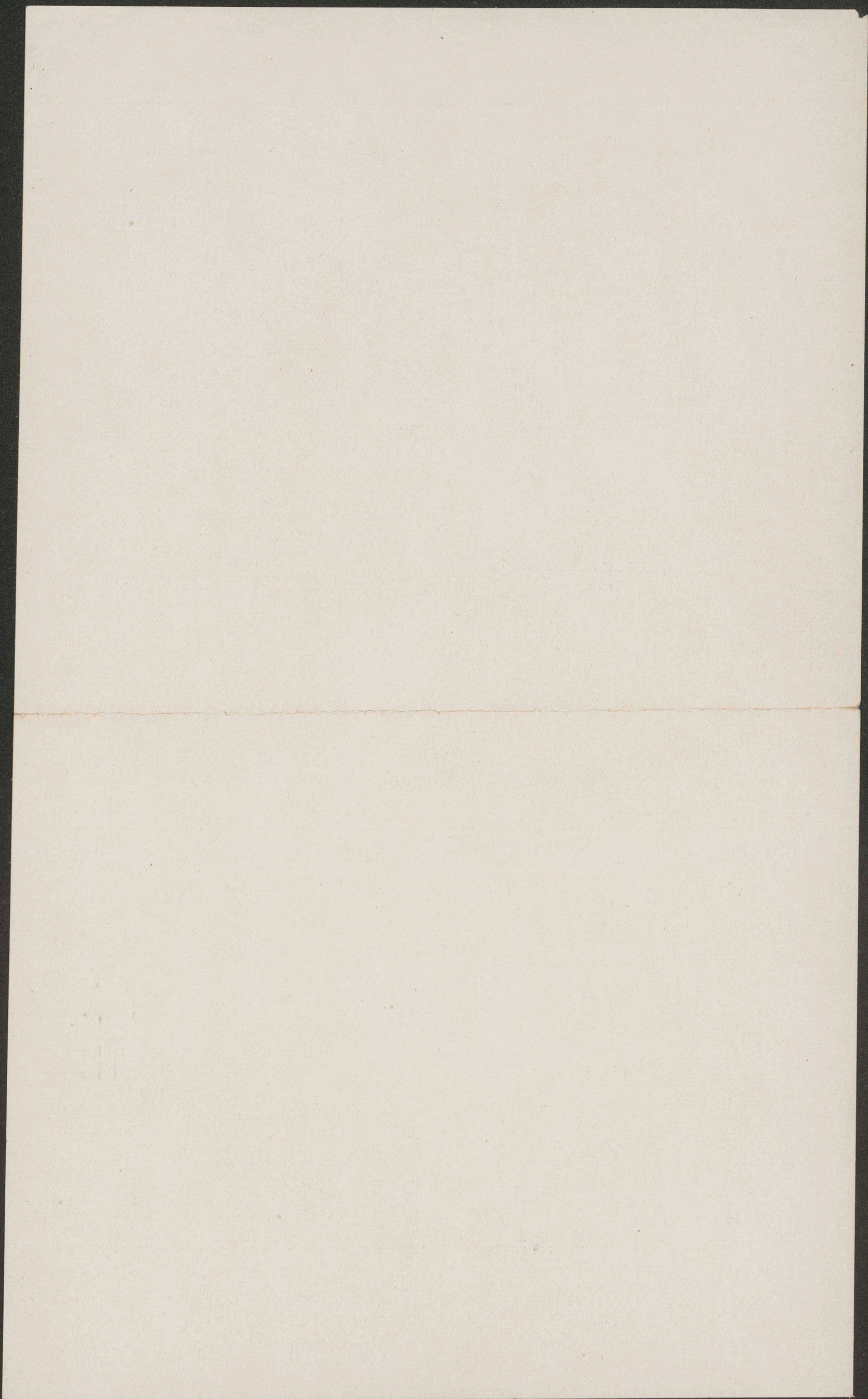
1821





1735 Induktion des P. / phys. Chemie







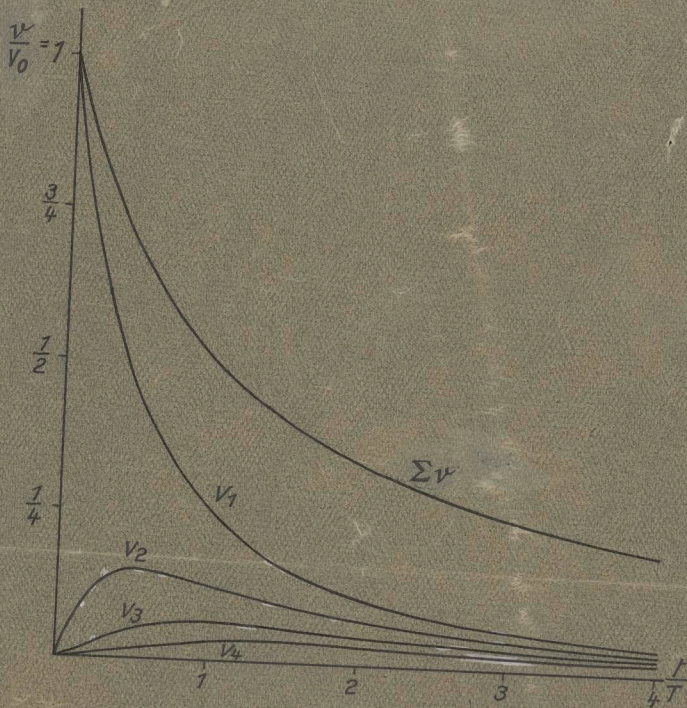


Fig. 1.







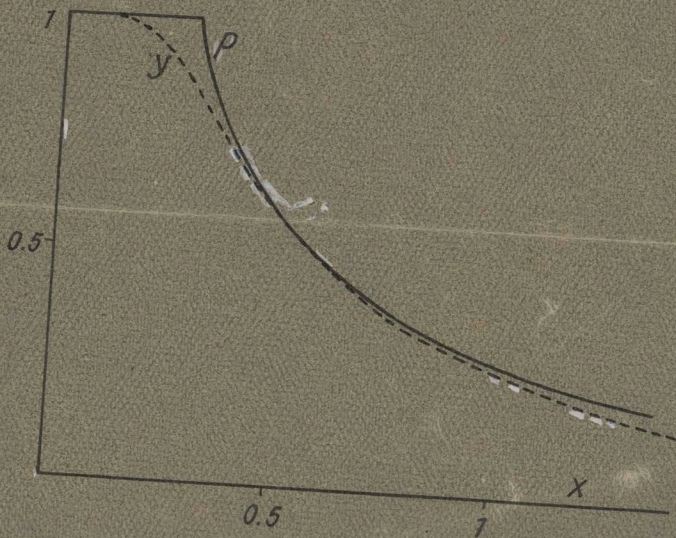


Fig. 2.







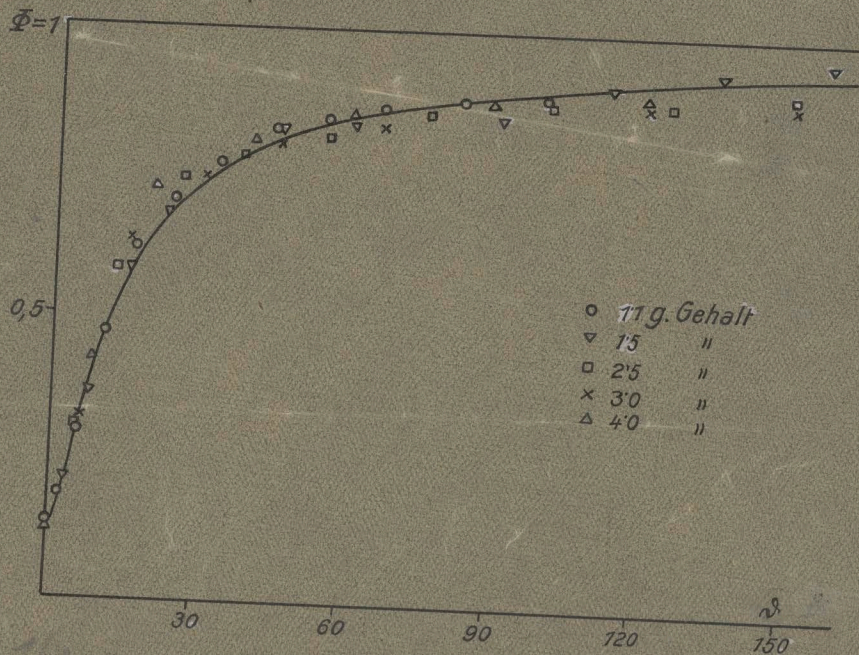
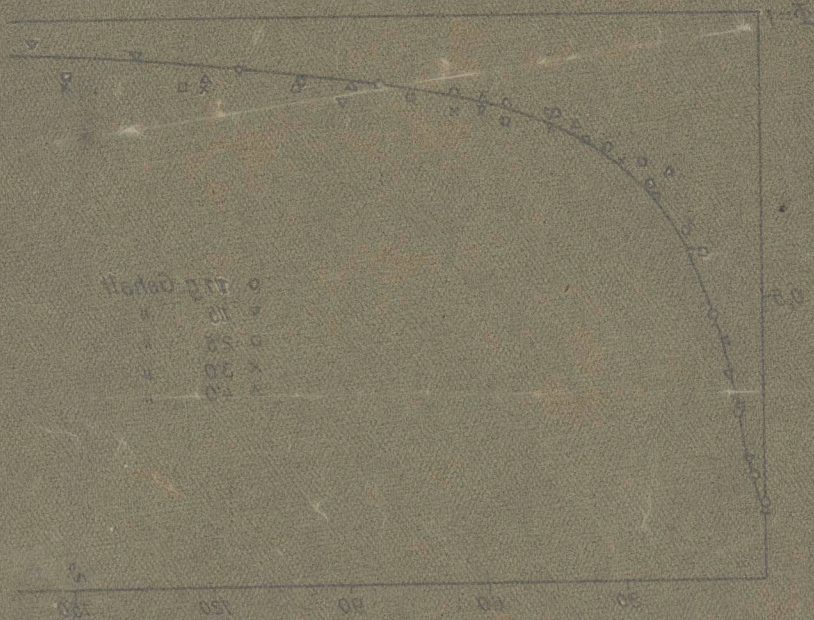


Fig 3





o 100

△ 150

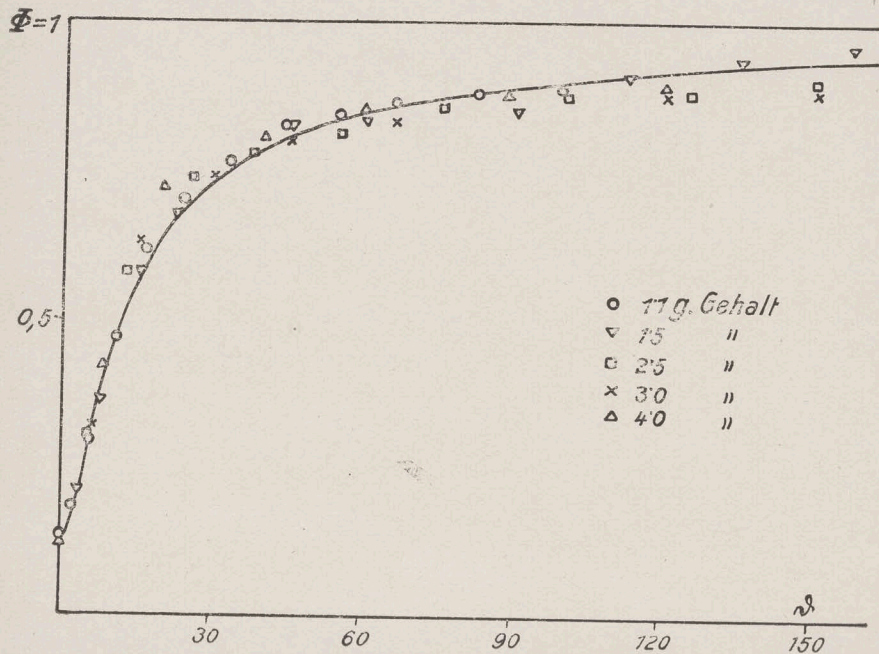
□ 200

× 250

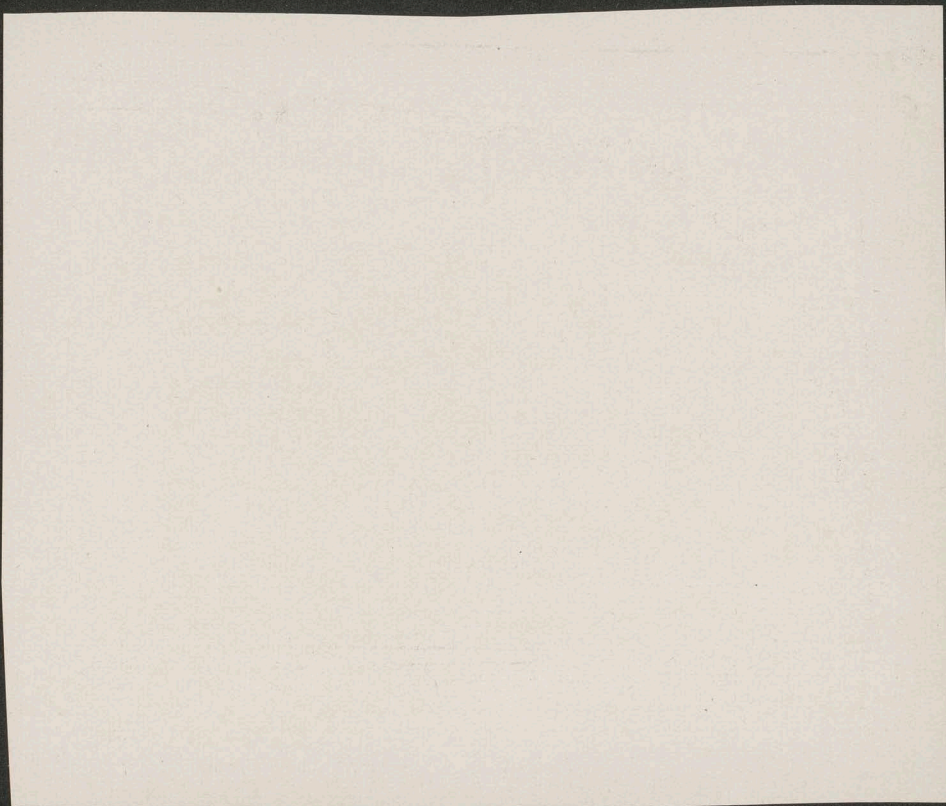
• 300

Fig. 3

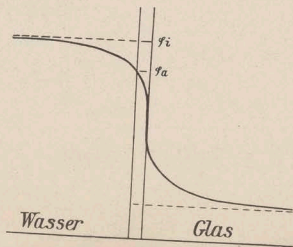
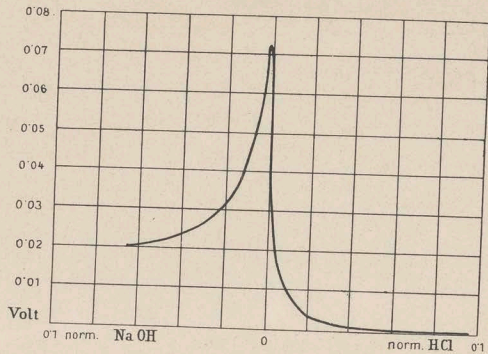










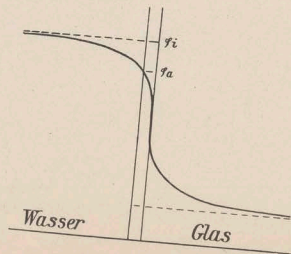
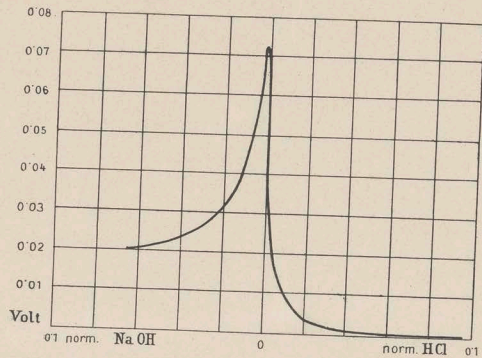




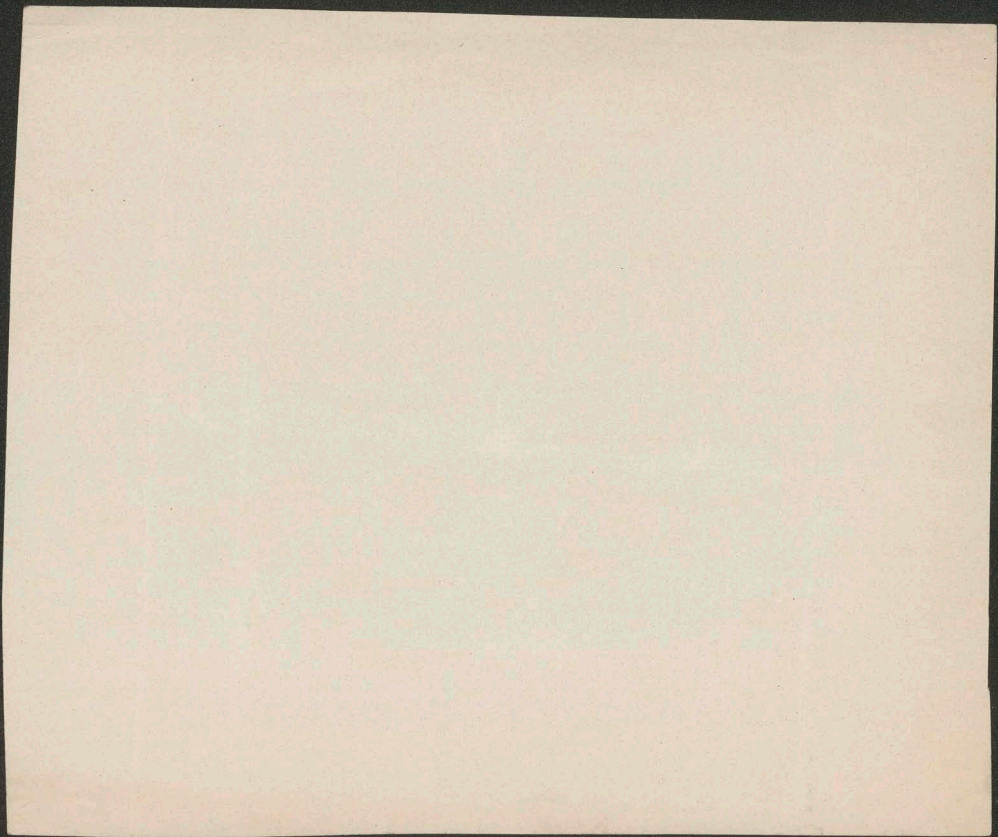
Grack, Hancock

Art. Incolubovskii











*Anbei empfangen Sie Abzüge Ihrer photographisch übertragenen Abbildungen; Änderungen können an den bereits geätzten Klischees nicht mehr vorgenommen werden.*

*Die Vorlagen folgen hiermit zurück.*

*Leipzig, Mittelstraße 2.      Wilhelm Engelmann.*



Die Vorlagen folgen hiermit angeschlossen  
und sind sorgfältig zu prüfen.  
Die Vorlagen sind den bereits erhaltenen  
Abbildungen, Abbildungen, Abbildungen  
und sind sorgfältig zu prüfen.

Wichtige Änderungen







$$2.75 = \left(\frac{100}{80}\right)^x$$

$$0.4393 = x \cdot 0.0969$$

$$0.6428 = x = 4.53$$

$$\begin{array}{r} - 9863 \\ \hline 6565 \end{array}$$

$$7723$$

$$4393$$

$$0.3320 = \frac{1}{4} \left(\frac{100}{70}\right)^x = x \cdot 0.0580$$

$$5224$$

$$7634$$

$$7590$$

$$x = 5.74$$

$$9031$$

$$8451$$

$$1038$$

$$7723$$

$$2315$$

$$3645$$

$$8254$$

$$5391$$

$$2451$$

$$7782$$

$$0669$$

$$x = 3.46$$

Handwritten text, possibly a title or heading, written in cursive.

(Control. 10.1)

Handwritten text, possibly a subtitle or section header, written in cursive.

Handwritten text, possibly a date or reference, written in cursive.

Handwritten notes and calculations on the right margin, including various symbols and numbers.















[illegible]

Z  
 D  
 Kog  
~~die~~  
 für  
 der  
 mit  
 In  
 von  
 die  
 An  
 in  
 In  
 von  
 An  
 Tom  
 Ein  
 mit  
 a  
 doch  
 von  
 der Zeit  
 v. d. Zeit  
 durch  
 mit  
 die  
 mit  
 Diff  
 folgt  
 (\*) D







*[The page contains dense, handwritten German text, which appears to be bleed-through from the reverse side. The handwriting is cursive and difficult to decipher due to the orientation and density.]*







*[The page contains dense handwritten German text, which is mostly illegible due to extreme blurring and bleed-through from the reverse side. The handwriting appears to be cursive.]*

Die  
 wirken  
 Diffu  
 allh  
 22  
 in W  
~~Tate~~  
 und  
 bere  
 nicht  
 Entf  
 Perm  
 $\frac{1}{\text{ForDR}}$   
 In 2  
 und Des  
 Dies reg  
 $\frac{1}{2}$   
~~we~~  
 Dopp  
 $\frac{1}{2}$   
 und  
 $\frac{1}{2}$   
 und die  
 2  
 Drei  
~~75~~  
 eines ziste  
~~der~~  
 verk die  
 Postum  
 sollten  
 des z







Einmal ist es so, dass man sich nicht vorstellen kann, dass die Welt nicht da wäre, wenn man sie nicht sieht. Man muss sie sehen, um sie zu verstehen. Und das ist die Aufgabe der Wissenschaft. Sie soll uns helfen, die Welt zu verstehen, wie sie ist, nicht wie wir sie uns vorstellen.

Die Welt ist da, und wir sind da. Das ist die Tatsache. Aber was ist die Bedeutung dieser Tatsache? Das ist die Frage, die die Philosophie stellt. Sie fragt nach dem Sinn der Existenz, nach dem Zweck des Lebens. Und das ist eine Frage, die nicht mit der Wissenschaft beantwortet werden kann.

Die Wissenschaft ist eine Methode, um die Welt zu verstehen. Sie ist eine Art Werkzeug, das wir benutzen, um die Natur zu erforschen. Aber sie ist nicht die einzige Methode. Es gibt auch andere Wege, um die Welt zu verstehen, wie zum Beispiel die Kunst oder die Philosophie. Jede Methode hat ihre eigenen Stärken und Schwächen. Und wir müssen sie alle kennen, um die Welt wirklich zu verstehen.

Die Welt ist ein Rätsel. Sie ist so komplex und so vielfältig, dass wir sie nie vollständig verstehen werden. Aber das ist auch gut so. Denn wenn wir sie vollständig verstehen würden, wäre sie vielleicht nicht mehr so interessant. Die Welt ist ein Buch, das wir immer wieder neu entdecken können. Und das ist die Freude an der Welt.

Die Welt ist da, und wir sind da. Das ist die Tatsache. Aber was ist die Bedeutung dieser Tatsache? Das ist die Frage, die die Philosophie stellt. Sie fragt nach dem Sinn der Existenz, nach dem Zweck des Lebens. Und das ist eine Frage, die nicht mit der Wissenschaft beantwortet werden kann.

Die Welt ist ein Rätsel. Sie ist so komplex und so vielfältig, dass wir sie nie vollständig verstehen werden. Aber das ist auch gut so. Denn wenn wir sie vollständig verstehen würden, wäre sie vielleicht nicht mehr so interessant. Die Welt ist ein Buch, das wir immer wieder neu entdecken können. Und das ist die Freude an der Welt.

Die Welt ist da, und wir sind da. Das ist die Tatsache. Aber was ist die Bedeutung dieser Tatsache? Das ist die Frage, die die Philosophie stellt. Sie fragt nach dem Sinn der Existenz, nach dem Zweck des Lebens. Und das ist eine Frage, die nicht mit der Wissenschaft beantwortet werden kann.

Die Welt ist ein Rätsel. Sie ist so komplex und so vielfältig, dass wir sie nie vollständig verstehen werden. Aber das ist auch gut so. Denn wenn wir sie vollständig verstehen würden, wäre sie vielleicht nicht mehr so interessant. Die Welt ist ein Buch, das wir immer wieder neu entdecken können. Und das ist die Freude an der Welt.

20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100







*[Faint, mostly illegible handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. Some words like "Berechnung" and "Formel" are visible.]*

Berechnung von  $\alpha$  und  $\beta$  aus  $\gamma$  und  $\delta$

$\gamma$	$\delta$	$\alpha$	$\beta$
0	0	0	0
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5

$$\alpha = \frac{\gamma}{\delta} \quad \beta = \frac{\delta}{\gamma}$$

*[Faint, mostly illegible handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. Some words like "Berechnung" and "Formel" are visible.]*

*[Vertical text on the right margin, likely bleed-through from the adjacent page. Some words like "nicht", "durch", "bei", "ist", "von", "aus", "mit", "unter", "über", "auf", "an", "in", "zu", "von", "aus", "mit", "unter", "über", "auf", "an", "in", "zu" are visible.]*



nicht

aber erst bei völliger Ausdehnung merklich werden

28

7

durch Fernwirkungen, noch ist elektrostatischer Kräfte, sondern durch Nahkräfte ~~verursacht~~ verursacht wird.

Der allerkleinste Wert der ersten <sup>messung</sup> ~~Versuchsreihe~~ <sup>lässt sich</sup> ~~bestimmen~~ <sup>bestimmen</sup> auf Grund der Unvollkommenheiten der bei diesem orientierenden Versuch gebrauchten Anordnungsverfahren.

Wiederum <sup>schon</sup> Versuchs material haben ~~W. A. Wutgen~~ <sup>W. A. Wutgen</sup> u. J. Retscher geliefert, indem sie ~~anstatt der~~ <sup>ermittelte</sup> ~~Ergebnisse~~ <sup>Ergebnisse</sup> der Anzahl der Primärteilchen  $\nu$ , die viel leichter zu ~~bestimmen~~ <sup>bestimmen</sup> ~~ist~~ <sup>ist</sup> als die Teilchen bestimmt und auch ~~bei~~ <sup>bei</sup> der Zählung ~~am besten~~ <sup>am besten</sup> ~~anwendbar~~ <sup>anwendbar</sup> sind, wobei dieselben in einer dünnen Schicht ~~in~~ <sup>hier</sup> ~~der~~ <sup>der</sup> ~~verschiedenen~~ <sup>verschiedenen</sup> ~~Arten~~ <sup>Arten</sup> ~~verarbeitet~~ <sup>verarbeitet</sup> werden. Als Beispiel sei <sup>hier</sup> ~~ein~~ <sup>ein</sup> ~~derartige~~ <sup>derartige</sup> ~~Versuchsreihe~~ <sup>Versuchsreihe</sup> angeführt, welche sich auf Elektroden mit einem Radius  $\rho = 0,5$  cm und einer

\*) siehe Ergänz. 10. 11. 12.

der Anfangswert  $\nu_0 = 5,22 \cdot 10^8$  besteht:

$t =$	0	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200	1260	1320	1380	1440	1500	1560	1620	1680	1740	1800	1860	1920	1980	2040	2100	2160	2220	2280	2340	2400	2460	2520	2580	2640	2700	2760	2820	2880	2940	3000	3060	3120	3180	3240	3300	3360	3420	3480	3540	3600	3660	3720	3780	3840	3900	3960	4020	4080	4140	4200	4260	4320	4380	4440	4500	4560	4620	4680	4740	4800	4860	4920	4980	5040	5100	5160	5220	5280	5340	5400	5460	5520	5580	5640	5700	5760	5820	5880	5940	6000	6060	6120	6180	6240	6300	6360	6420	6480	6540	6600	6660	6720	6780	6840	6900	6960	7020	7080	7140	7200	7260	7320	7380	7440	7500	7560	7620	7680	7740	7800	7860	7920	7980	8040	8100	8160	8220	8280	8340	8400	8460	8520	8580	8640	8700	8760	8820	8880	8940	9000	9060	9120	9180	9240	9300	9360	9420	9480	9540	9600	9660	9720	9780	9840	9900	9960	10020	10080	10140	10200	10260	10320	10380	10440	10500	10560	10620	10680	10740	10800	10860	10920	10980	11040	11100	11160	11220	11280	11340	11400	11460	11520	11580	11640	11700	11760	11820	11880	11940	12000	12060	12120	12180	12240	12300	12360	12420	12480	12540	12600	12660	12720	12780	12840	12900	12960	13020	13080	13140	13200	13260	13320	13380	13440	13500	13560	13620	13680	13740	13800	13860	13920	13980	14040	14100	14160	14220	14280	14340	14400	14460	14520	14580	14640	14700	14760	14820	14880	14940	15000	15060	15120	15180	15240	15300	15360	15420	15480	15540	15600	15660	15720	15780	15840	15900	15960	16020	16080	16140	16200	16260	16320	16380	16440	16500	16560	16620	16680	16740	16800	16860	16920	16980	17040	17100	17160	17220	17280	17340	17400	17460	17520	17580	17640	17700	17760	17820	17880	17940	18000	18060	18120	18180	18240	18300	18360	18420	18480	18540	18600	18660	18720	18780	18840	18900	18960	19020	19080	19140	19200	19260	19320	19380	19440	19500	19560	19620	19680	19740	19800	19860	19920	19980	20040	20100	20160	20220	20280	20340	20400	20460	20520	20580	20640	20700	20760	20820	20880	20940	21000	21060	21120	21180	21240	21300	21360	21420	21480	21540	21600	21660	21720	21780	21840	21900	21960	22020	22080	22140	22200	22260	22320	22380	22440	22500	22560	22620	22680	22740	22800	22860	22920	22980	23040	23100	23160	23220	23280	23340	23400	23460	23520	23580	23640	23700	23760	23820	23880	23940	24000	24060	24120	24180	24240	24300	24360	24420	24480	24540	24600	24660	24720	24780	24840	24900	24960	25020	25080	25140	25200	25260	25320	25380	25440	25500	25560	25620	25680	25740	25800	25860	25920	25980	26040	26100	26160	26220	26280	26340	26400	26460	26520	26580	26640	26700	26760	26820	26880	26940	27000	27060	27120	27180	27240	27300	27360	27420	27480	27540	27600	27660	27720	27780	27840	27900	27960	28020	28080	28140	28200	28260	28320	28380	28440	28500	28560	28620	28680	28740	28800	28860	28920	28980	29040	29100	29160	29220	29280	29340	29400	29460	29520	29580	29640	29700	29760	29820	29880	29940	30000	30060	30120	30180	30240	30300	30360	30420	30480	30540	30600	30660	30720	30780	30840	30900	30960	31020	31080	31140	31200	31260	31320	31380	31440	31500	31560	31620	31680	31740	31800	31860	31920	31980	32040	32100	32160	32220	32280	32340	32400	32460	32520	32580	32640	32700	32760	32820	32880	32940	33000	33060	33120	33180	33240	33300	33360	33420	33480	33540	33600	33660	33720	33780	33840	33900	33960	34020	34080	34140	34200	34260	34320	34380	34440	34500	34560	34620	34680	34740	34800	34860	34920	34980	35040	35100	35160	35220	35280	35340	35400	35460	35520	35580	35640	35700	35760	35820	35880	35940	36000	36060	36120	36180	36240	36300	36360	36420	36480	36540	36600	36660	36720	36780	36840	36900	36960	37020	37080	37140	37200	37260	37320	37380	37440	37500	37560	37620	37680	37740	37800	37860	37920	37980	38040	38100	38160	38220	38280	38340	38400	38460	38520	38580	38640	38700	38760	38820	38880	38940	39000	39060	39120	39180	39240	39300	39360	39420	39480	39540	39600	39660	39720	39780	39840	39900	39960	40020	40080	40140	40200	40260	40320	40380	40440	40500	40560	40620	40680	40740	40800	40860	40920	40980	41040	41100	41160	41220	41280	41340	41400	41460	41520	41580	41640	41700	41760	41820	41880	41940	42000	42060	42120	42180	42240	42300	42360	42420	42480	42540	42600	42660	42720	42780	42840	42900	42960	43020	43080	43140	43200	43260	43320	43380	43440	43500	43560	43620	43680	43740	43800	43860	43920	43980	44040	44100	44160	44220	44280	44340	44400	44460	44520	44580	44640	44700	44760	44820	44880	44940	45000	45060	45120	45180	45240	45300	45360	45420	45480	45540	45600	45660	45720	45780	45840	45900	45960	46020	46080	46140	46200	46260	46320	46380	46440	46500	46560	46620	46680	46740	46800	46860	46920	46980	47040	47100	47160	47220	47280	47340	47400	47460	47520	47580	47640	47700	47760	47820	47880	47940	48000	48060	48120	48180	48240	48300	48360	48420	48480	48540	48600	48660	48720	48780	48840	48900	48960	49020	49080	49140	49200	49260	49320	49380	49440	49500	49560	49620	49680	49740	49800	49860	49920	49980	50040	50100	50160	50220	50280	50340	50400	50460	50520	50580	50640	50700	50760	50820	50880	50940	51000	51060	51120	51180	51240	51300	51360	51420	51480	51540	51600	51660	51720	51780	51840	51900	51960	52020	52080	52140	52200	52260	52320	52380	52440	52500	52560	52620	52680	52740	52800	52860	52920	52980	53040	53100	53160	53220	53280	53340	53400	53460	53520	53580	53640	53700	53760	53820	53880	53940	54000	54060	54120	54180	54240	54300	54360	54420	54480	54540	54600	54660	54720	54780	54840	54900	54960	55020	55080	55140	55200	55260	55320	55380	55440	55500	55560	55620	55680	55740	55800	55860	55920	55980	56040	56100	56160	56220	56280	56340	56400	56460	56520	56580	56640	56700	56760	56820	56880	56940	57000	57060	57120	57180	57240	57300	57360	57420	57480	57540	57600	57660	57720	57780	57840	57900	57960	58020	58080	58140	58200	58260	58320	58380	58440	58500	58560	58620	58680	58740	58800	58860	58920	58980	59040	59100	59160	59220	59280	59340	59400	59460	59520	59580	59640	59700	59760	59820	59880	59940	60000	60060	60120	60180	60240	60300	60360	60420	60480	60540	60600	60660	60720	60780	60840	60900	60960	61020	61080	61140	61200	61260	61320	61380	61440	61500	61560	61620	61680	61740	61800	61860	61920	61980	62040	62100	62160	62220	62280	62340	62400	62460	62520	62580	62640	62700	62760	62820	62880	62940	63000	63060	63120	63180	63240	63300	63360	63420	63480	63540	63600	63660	63720	63780	63840	63900	63960	64020	64080	64140	64200	64260	64320	64380	64440	64500	64560	64620	64680	64740	64800	64860	64920	64980	65040	65100	65160	65220	65280	65340	65400	65460	65520	65580	65640	65700	65760	65820	65880	65940	66000	66060	66120	66180	66240	66300	66360	66420	66480	66540	66600	66660	66720	66780	66840	66900	66960	67020	67080	67140	67200	67260	67320	67380	67440	67500	67560	67620	67680	67740	67800	67860	67920	67980	68040	68100	68160	68220	68280	68340	68400	68460	68520	68580	68640	68700	68760	68820	68880	68940	69000	69060	69120	69180	69240	69300	69360	69420	69480	69540	69600	69660	69720	69780	69840	69900	69960	70020	70080	70140	70200	70260	70320	70380	70440	70500	70560	70620	70680	70740	70800	70860	70920	70980	71040	71100	71160	71220	71280	71340	71400	71460	71520	71580	71640	71700	71760	71820	71880	71940	72000	72060	72120	72180	72240	72300	72360	72420	72480	72540	72600	72660	72720	72780	72840	72900	72960	73020	73080	73140	73200	73260	73320	73380	73440	73500	73560	73620	73680	73740	73800	73860	73920	73980	74040	74100	74160	74220	74280	74340	74400	74460	74520	74580	74640	74700	74760	74820	74880	74940	75000	75060	75120	75180	75240	75300
-------	---	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



\*) Koll. Z. ...  
durch die <sup>eigentliche</sup> gestalt der Taimchen Kogelchenformen, insbesondere die Existenz der „Inkubationszeit“  
bei seinen Versuchen lässt sich an der Hand unserer Thesen erklären (loc. cit.).

[illegible]

the difference is 2.55 801.552 = 801.552

Time	Temp	Wind	Humidity	Pressure	Clouds	Remarks
0800	25.0	10.0	75.0	1010.0	10.0	Clear
0900	26.0	12.0	72.0	1010.0	10.0	Clear
1000	27.0	15.0	70.0	1010.0	10.0	Clear
1100	28.0	18.0	68.0	1010.0	10.0	Clear
1200	29.0	20.0	65.0	1010.0	10.0	Clear
1300	30.0	22.0	62.0	1010.0	10.0	Clear
1400	31.0	25.0	60.0	1010.0	10.0	Clear
1500	32.0	28.0	58.0	1010.0	10.0	Clear
1600	33.0	30.0	55.0	1010.0	10.0	Clear
1700	34.0	32.0	52.0	1010.0	10.0	Clear
1800	35.0	35.0	50.0	1010.0	10.0	Clear
1900	36.0	38.0	48.0	1010.0	10.0	Clear
2000	37.0	40.0	45.0	1010.0	10.0	Clear
2100	38.0	42.0	42.0	1010.0	10.0	Clear
2200	39.0	45.0	40.0	1010.0	10.0	Clear
2300	40.0	48.0	38.0	1010.0	10.0	Clear
0000	41.0	50.0	35.0	1010.0	10.0	Clear
0100	42.0	52.0	32.0	1010.0	10.0	Clear
0200	43.0	55.0	30.0	1010.0	10.0	Clear
0300	44.0	58.0	28.0	1010.0	10.0	Clear
0400	45.0	60.0	25.0	1010.0	10.0	Clear
0500	46.0	62.0	22.0	1010.0	10.0	Clear
0600	47.0	65.0	20.0	1010.0	10.0	Clear
0700	48.0	68.0	18.0	1010.0	10.0	Clear

Das ist die Theorie der ~~unvollständigen~~ unvollständigen Theorien. Die Theorie der unvollständigen Theorien ist die Theorie der unvollständigen Theorien.

[illegible][illegible][illegible]



\* Es ist leicht begreiflich, dass unsere Theorie auf die Fälle einzuwirken ist, wo der Elektrolytgehalt während der Koagulation ~~unverändert~~ <sup>nicht wesentlich</sup> ~~ändert~~ <sup>unverändert</sup> bleibt, wo also keine starke Adsorption stattfindet, da sonst der Wirkungskoeffizient  $\epsilon$  während des Prozesses

größer ist als die Viskosität des reinen Salzes  
dass die Viskositätszunahme (!) nur für sehr verdünnte Lösungen proportional ist <sup>nicht</sup> dem  
<sup>Teilchen-</sup>  
Suspensionsvolumen  $V$ , bei größerem ~~Wasser~~ Volumengehalt <sup>schnell</sup> rascher wächst. Dasselbe geht auch aus  
~~den obigen Messungen Gammis hervor und wenn man auf Grund~~ Auch Gamis' Messungen ~~betrachtet~~  
dass über mit ~~in tiefen liegen da~~ ermöglichen ~~es~~ die Ableitung des empirischen Zusammenhangs  
zwischen <sup>(dem)</sup> "wirksamen" Volumen und der Viskosität Auf Grund dessen <sup>lässt sich nachweisen</sup> beobachten dass  
Gamis' Koagulationskurven <sup>die Abhängigkeit von</sup> auch ungenügender Ähnlichkeitsgrade in Bezug auf <sup>den Kolloidgehalt v.</sup> vollständig  
~~tatsächlich auch im Bezug auf~~ <sup>(siehe nur die Reihe unten)</sup> der Viskosität den die wirksamen Volumenwerte  
Genüge leisten, wenn man nur <sup>(in Betracht kommenden)</sup> aus dem direkten Viskositätsdaten die wirksamen Volumenwerte  
herauszuschälen.

herauszuschälen.  
von diesem Standpunkt aus  
Natürlich ist es auch begreiflich, dass ein jeder Versuch, die Eigenschaften der chemischen Elemente  
auf die direkten Verhältnisse untereinander, von vornherein als verfehlt zu betrachten und ist es  
nicht zu verwundern, dass die betreffenden Annahmen ( ) so wenig Erfolg gezeitigt haben.  
Gleich dem Ansparen machen  
Kohlensäure und Sauerstoff

Andersweit <sup>daselbst</sup> ~~ist~~ auch unsere Formeln ( ) selbst nach Einführung des  $\epsilon$ -Koeffizienten ~~auf Gavis~~  
 nicht als exakte Grundlage einer Theorie der Sam in ~~Kristalle~~ <sup>Präparat</sup> ~~zu~~  
~~Versuchen~~ ~~ganz~~ ~~zu~~ ~~nehmen~~, da es sich bei dem ~~hier~~ <sup>hier</sup> selbst verunreinigten  $H_2(OH)_3$  Kollindgewinn nicht  
 um ~~Kugelförmige~~ <sup>unregelmäßige</sup> Teilchen handelt, vielmehr um Kristalle, die ~~bei~~ <sup>in</sup> der Ordnung des voluminösen Gels verunreinigt ~~löst~~  
<sup>Kann</sup> ~~man~~ <sup>man</sup> die allgemeine Form der aus Gavis's Messungen

~~hoch~~ habe ich ~~genügt~~ dass zeigen (dass die ...)  
abgeleiteten "reduzierten" Torsionskurven, ~~Mittel~~  $\frac{1}{\omega} + \frac{\lambda^2}{6 \cdot 10}$  ~~sich dem Gestalt~~ eingemacht  
nach von Franklitz u. Mizuka ~~die~~ dargestellten Viskositätskurven \*) eingemachten ähnlich ist,  
(+ 13)

\* Diese Wirtsk... die Steigung erhalten:  $\underline{g}(t) = \omega T^6 \left( \frac{t}{t+T} \right)^3$



8. Die Bedeutung der Begriffe "Kultur" und "Zivilisation"  
Die Begriffe "Kultur" und "Zivilisation" sind in der  
sozialwissenschaftlichen Literatur häufig synonym  
verwendet. In der Tat gibt es eine enge  
Verbindung zwischen beiden Begriffen. Kultur  
bezieht sich auf die Gesamtheit der geistigen  
Lebensäußerungen einer Gesellschaft, während  
Zivilisation eher auf die materielle Seite der  
Kultur abzielt.

Die Kultur einer Gesellschaft ist das Ergebnis  
ihres historischen Entwicklungsprozesses. Sie  
umfasst die Wissenschaften, Künste, Literatur,  
Religion, Sitten und Gebräuche. Zivilisation  
hingegen ist die materielle Grundlage der Kultur,  
die aus den Erfindungen, Entdeckungen und  
technischen Fortschritten besteht.

Die Kultur ist das geistige Leben einer  
Gesellschaft, die Zivilisation ist das materielle  
Leben. Die Kultur ist das Ergebnis der  
geistigen Tätigkeit der Menschen, die  
Zivilisation ist das Ergebnis ihrer materiellen  
Tätigkeit.

Die Kultur ist das geistige Leben einer  
Gesellschaft, die Zivilisation ist das materielle  
Leben. Die Kultur ist das Ergebnis der  
geistigen Tätigkeit der Menschen, die  
Zivilisation ist das Ergebnis ihrer materiellen  
Tätigkeit.

Die Kultur ist das geistige Leben einer  
Gesellschaft, die Zivilisation ist das materielle  
Leben. Die Kultur ist das Ergebnis der  
geistigen Tätigkeit der Menschen, die  
Zivilisation ist das Ergebnis ihrer materiellen  
Tätigkeit.







[illegible][illegible]



$$Z_v = \frac{Z_{v0}}{1 + \frac{Z}{T}}$$

$$W_n(1 + \frac{Z}{T}) = \frac{n_0}{n}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{n_0 - n}{n \cdot t} = \left(\frac{n_0}{n} - 1\right) \frac{1}{t}$$

7177	7177	7177	7177	7177	7177	7177
6385	5599	5289	4393	3636	2900	1703

0792	1578	1888	2784	3541	4277	5474
------	------	------	------	------	------	------

1200	1438	1545	1898	2260	2677	3527
------	------	------	------	------	------	------

0'200	0'438	0'545	0'898	1'260	1'677	2'527
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

0'00333

365

303

299

300

2796

281

21606 : 7 = 3087

$$\begin{array}{r} 0'003087 \cdot 300 \\ \hline 1'9261 \end{array}$$

4896  
5104

2'8522

2 = 3239 mks.

22964

1'1852	13704	15556
--------	-------	-------

7177	7177	7177	7177	7177	7177	7177
0738	1768	1918	2846	3611	4551	5773

6439	5809	5259	4331	3566	2626	1404
------	------	------	------	------	------	------

4404	381	336	271	227	183	138
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

9208	8422	8112	7216	6459	5723	4526
------	------	------	------	------	------	------

0'833	0'695	0'647	0'527	0'425	0'373	0'2835
0'664	556	5176	4216	354	2988	2268

2553

5104

7449

9542

5104

4438

0'183	0'366	0'556	0'926	1'292	1'852	2'778
0'366	0'732	1'112	1'852	2'584	3'704	5'556



Tematy do wypracowań domowych:

Ciekawostki

Trzya męj składowe gęstości i <sup>jej latowanie do gęstości</sup> ~~składowe~~.

III rozdział terminy.

Wzrosty anasura białego

Złotyś mianin i ciętyś w postaci woskowej.

Barwa i rozmiar wódki porównawczej.

W Trójce i w Trójce dźwięk gęstości dyfuzji.



Ad pag. 17

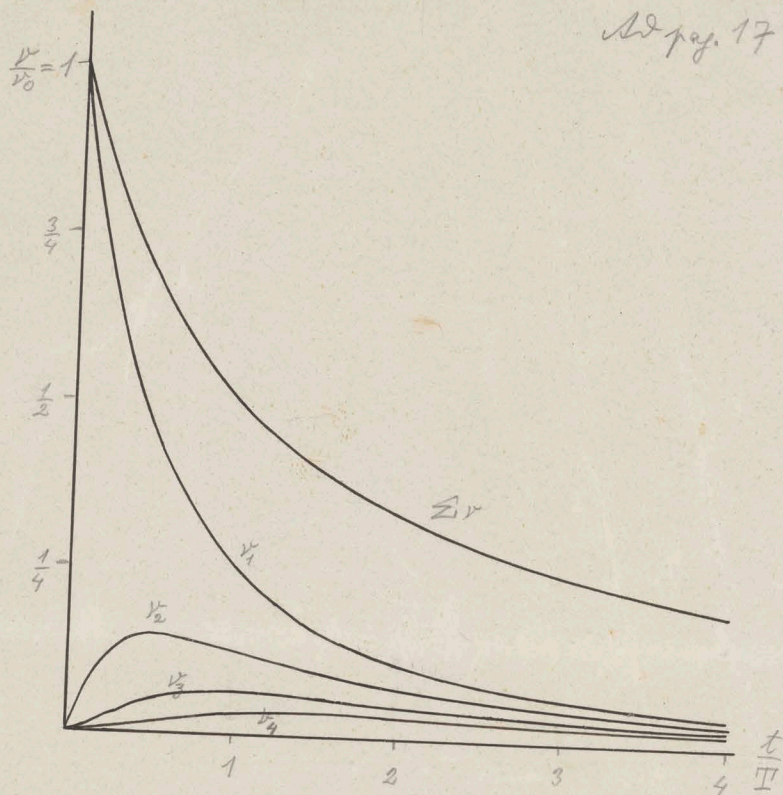
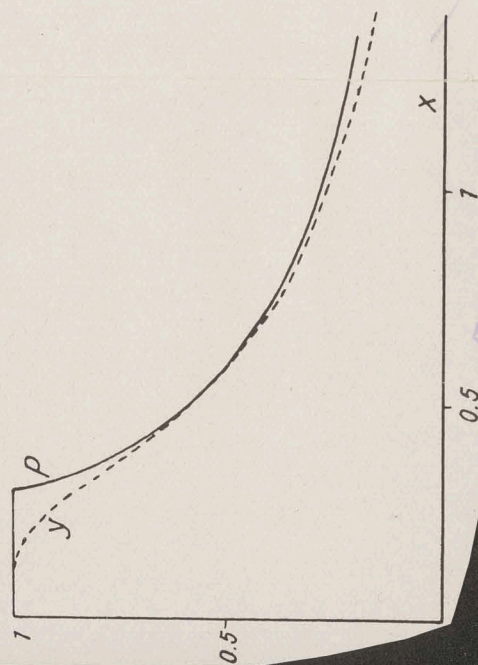
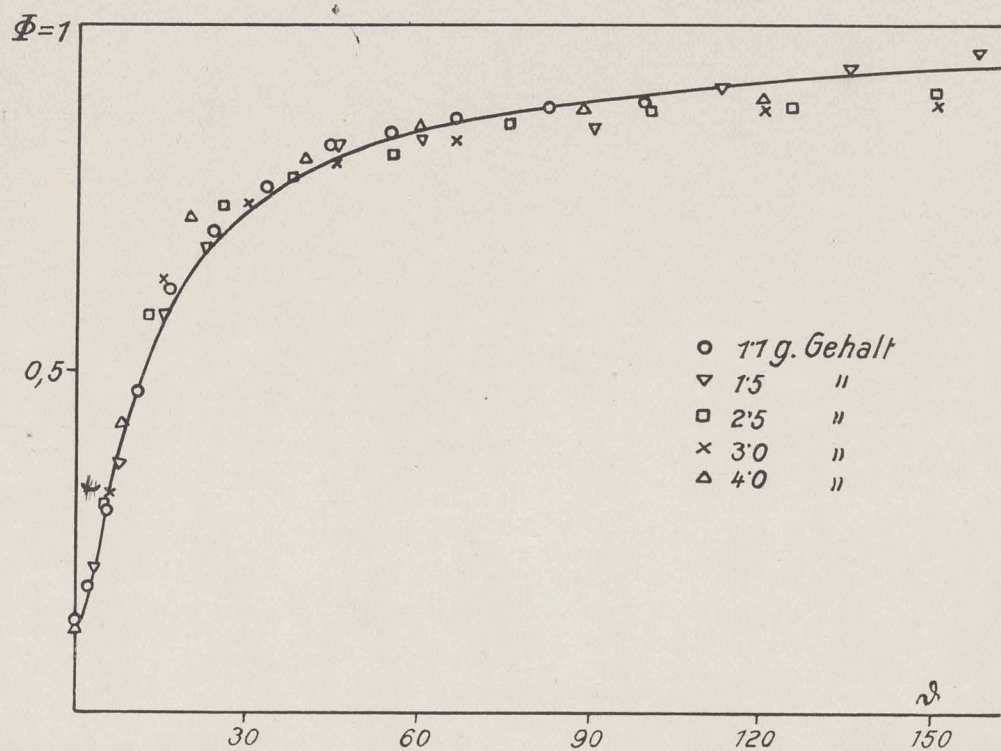


Fig. 1

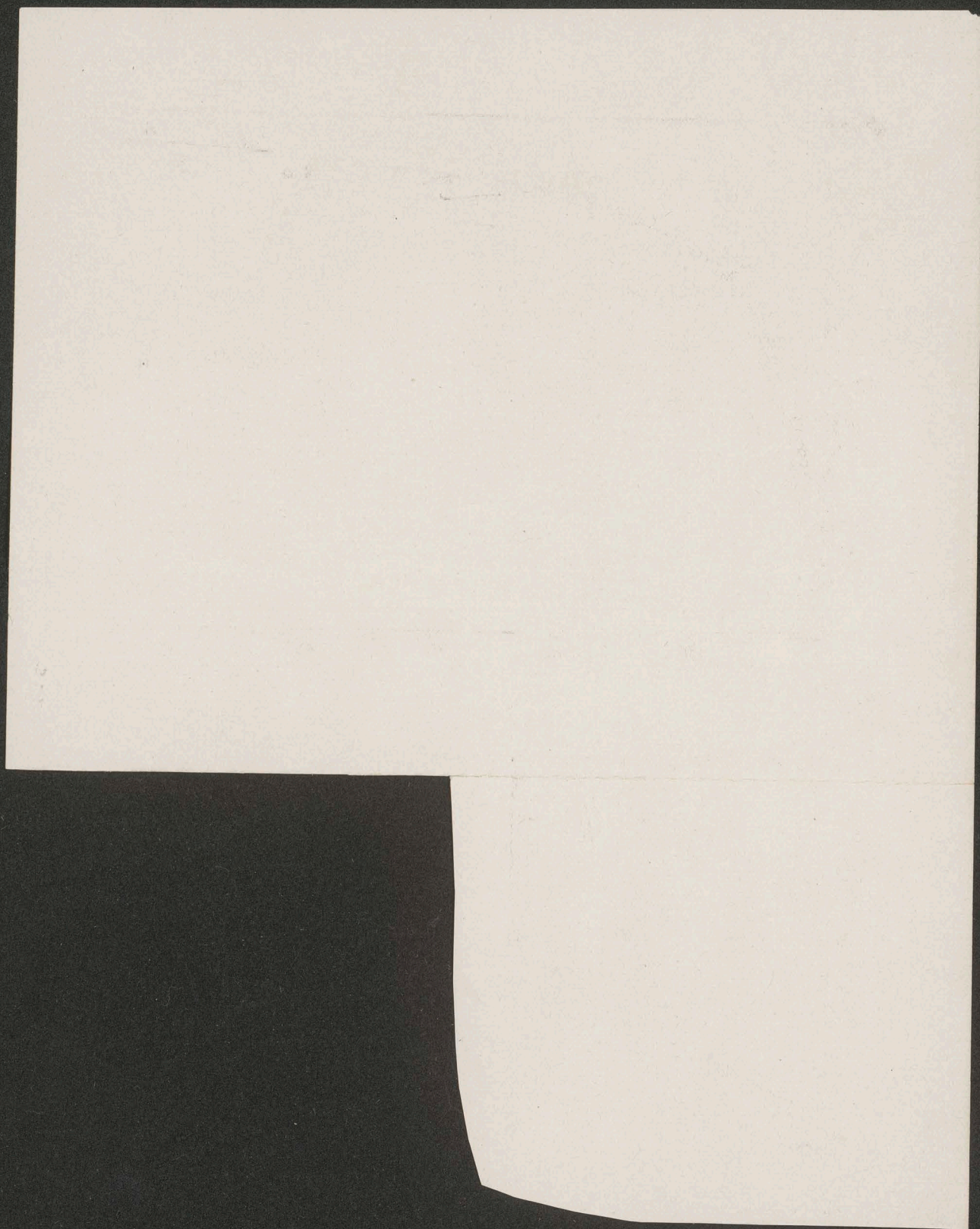


3 1735











Handwritten text on the left margin, including numbers and symbols, partially obscured by the binding.

